

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**

**KATEDRA ODĚVNICTVÍ**

Studijní obor: Oděvní technologie

Evidenční číslo diplomové práce: KOD - 695

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Název: **Studie vlivu strukturních parametrů tkanin a směrové závislosti  
jejich mechanických vlastností na deformaci způsobenou vlastní tíží**

Title: **Study of influence of structural parameters and directional  
dependence of mechanical properties of woven fabric on deformation  
due to its own weight**

Autor: **Helena Křepelková**

---

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

**„Chtěla bych touto cestou poděkovat všem, kteří se na této diplomové práci podíleli, za konzultace a rady, především vedoucí mé diplomové práce Ing. Bc. Viera Glombíkové, PhD.“.**

**Název:** Studie vlivu strukturních parametrů tkanin a směrové závislosti jejich mechanických vlastností na deformaci způsobenou vlastní tíží

### **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá vlivem strukturních a mechanických vlastností tkanin na splývavost a tuhost v ohybu v různých směrech. Byl uveden přehled mechanických a strukturních vlastností, byla popsána splývavost a tuhost v ohybu a způsoby jejich měření.

Byl proveden experiment, kde byly na šesti materiálech proměřeny a odvozeny tyto vlastnosti: splývavost, zvlnění, Youngův modul, tahová energie, linearita tahové křivky, pevnost, prodloužení, tuhost v ohybu, hystereze ohybové tuhosti, koeficient tření, odchylka koeficientu tření, odchylka geometrické drsnosti, plošná hmotnost, tloušťka, dostava, vazba.

Byla provedena shluková analýza pro zjištění podobnosti vlastností v jednotlivých směrech. Pro statistické vyhodnocení a návrh optimálního nastavení parametrů byla použita metoda korelace koeficientů Fourierova rozkladu směrově závislých veličin a grafy závislostí.

### **Klíčová slova:**

splývavost

tuhost v ohybu

anizotropie

mechanické vlastnosti

strukturní vlastnosti

**Title:** Study of influence of structural parameters and directional dependence of mechanical properties of woven fabric on deformation due to its own weight

**Abstract**

This diploma work focuses on influence of structural parameters and mechanical properties of woven fabric on drape and bending rigidity in different directions. A survey on mechanical and structural properties was carried out, drape and bending rigidity and ways of their measuring were described.

These properties were measured and derived using six materials in experimental part: drape, crimp, Young modulus, tensile energy, linearity, breaking strength, elongation, bending rigidity, bending hysteresis, friction coefficient, deviation of friction coefficient, deviation of surface roughness, surface density, thickness, sett, weave.

Cluster analysis was used to identify similarity of properties in single directions. For statistical evaluation and optimalization of parameters was used correlation of Fourier expansion coefficients of directional dependent properties and dependency charts.

**Key words:**

drape

bending rigidity

anisotropy

mechanical properties

structural properties



**OBSAH**

<b>Úvod .....</b>	<i>strana 5</i>
<b>1 Deformace způsobená vlastní tíží .....</b>	<i>strana 6</i>
<b>1.1 Splývavost textilie .....</b>	<i>strana 6</i>
<b>1.1.1 Měření splývavosti .....</b>	<i>strana 6</i>
<b>1.1.2 Metody měření splývavosti .....</b>	<i>strana 8</i>
<b>1.1.3 Princip standardních metod měření splývavosti .....</b>	<i>strana 9</i>
<b>1.1.3.1 Metoda podle ČSN 80 0835 .....</b>	<i>strana 9</i>
<b>1.1.3.2 Měření splývavosti pomocí Přístroje F. R. L. (F. R. L. Drapemeter) .....</b>	<i>strana 10</i>
<b>1.1.3.3 Měření splývavosti pomocí Přístroje I. T. F. (I. T. F. Drapemeter) .....</b>	<i>strana 11</i>
<b>1.1.4 Princip nestandardních metod měření splývavosti .....</b>	<i>strana 11</i>
<b>1.1.4.1 Metoda B. J. Jevdokimova a A. K. Bucharovové .....</b>	<i>strana 11</i>
<b>1.1.4.2 Metoda měření splývavosti podle Hanuse .....</b>	<i>strana 12</i>
<b>1.1.4.3 Subjektivní hodnocení splývavosti .....</b>	<i>strana 12</i>
<b>1.1.4.4 Dynamická splývavost .....</b>	<i>strana 13</i>
<b>1.1.4.5 Metoda vážení .....</b>	<i>strana 13</i>
<b>1.1.4.6 Stanovení koeficientu splývavosti s použitím divergentního světla .....</b>	<i>strana 14</i>
<b>1.1.4.7 Zjišťování splývavosti pomocí obrazové analýzy .....</b>	<i>strana 14</i>
<b>1.1.5 Metody simulace splývavosti .....</b>	<i>strana 15</i>
<b>1.1.6 Modelování splývavosti materiálu a oděvu .....</b>	<i>strana 16</i>
<b>1.1.7 Nestálost splývavosti textilií .....</b>	<i>strana 18</i>
<b>1.2 Tuhost v ohybu .....</b>	<i>strana 19</i>
<b>1.2.1 Metody zjišťování tuhosti v ohybu textilie .....</b>	<i>strana 19</i>
<b>1.2.1.1 Metoda podle ČSN 80 0858 .....</b>	<i>strana 19</i>
<b>1.2.1.2 Metoda zjišťování tuhosti v ohybu podle Sommera .....</b>	<i>strana 19</i>
<b>1.2.1.3 Cantilever Test .....</b>	<i>strana 20</i>
<b>1.2.2 Charakteristika tuhosti v ohybu a splývavosti jako složené vlastnosti .....</b>	<i>strana 20</i>
<b>2. Mechanické vlastnosti textilií .....</b>	<i>strana 21</i>
<b>2.1 Deformace .....</b>	<i>strana 22</i>

2.1.1 Elastická deformace.....	strana 22
2.1.2 Plastická deformace .....	strana 22
2.1.3 Modul pružnosti textilií.....	strana 23
2.1.4 Smyková deformace.....	strana 23
2.2 Systém KES .....	strana 24
2.2.1 Tah .....	strana 25
2.2.2 Smyk .....	strana 26
2.2.3 Ohyb .....	strana 26
2.2.4 Tlak .....	strana 27
2.2.5 Povrch .....	strana 28
2.2.6 Struktura textilie (hmotnost a tloušťka).....	strana 28
3. Strukturní parametry tkanin.....	strana 29
3.1 Tloušťka tkaniny .....	strana 30
3.2 Plošná měrná hmotnost.....	strana 30
3.3 Anizotropie textilie .....	strana 30
4. Souvislost splývavosti a jiných vlastností textilií v různých směrech ...	strana 30
4.1 Vliv mechanických a strukturních vlastností na splývavost .....	strana 34
4.2 Vliv rozměrů čelisti a vzorku na koeficient splývavosti.....	strana 39
4.3 Splývavost v různých směrech .....	strana 40
4.4 Splývavost materiálu se švem.....	strana 41
5. Experiment .....	strana 42
5.1 Výběr vzorků .....	strana 42
5.2 Splývavost a související vlastnosti.....	strana 44
5.3 Tahové vlastnosti .....	strana 51
5.4 Statistické vyhodnocení anizotropních vlastností úhlově závislých veličin založené na Fourierově analýze .....	strana 63
5.5 Korelující veličiny.....	strana 65
5.6 Optimalizace strukturních parametrů .....	strana 66
6. Závěr .....	strana 68
7. Literatura .....	strana 70
8. Soupis obrázků.....	strana 74
9. Soupis příloh.....	strana 75

## Úvod

Tuhost v ohybu a splývavost patří mezi základní vlastnosti plošných textilií, které určují jejich výsledný tvar. Splývavost je důležitá pro estetický vzhled oděvů a hraje také důležitou roli pro tělesnou pohodu a padnutí oděvu. Vzhled materiálu nezávisí jen na tvorbě záhybů, ale také na tom, jak zrak vnímá světlo, stín a lesk na nařaseném materiálu. O materiálu můžeme říci, že má dobrou splývavost, když vytváří záhyby vlivem vlastní tíže, žádoucí je vytvoření záhybů, které jsou vizuálně přitažlivé. V praxi se splývavost většinou posuzuje subjektivně zrakem, hodnocení splývavosti závisí na módě, osobních preferencích, zkušenosti a schopnosti vnímání.

Splývavost je určena souborem mechanických a optických vlastností materiálu, lze ji hodnotit subjektivně a také objektivně. Důležitý je i pohyb materiálu, proto posuzujeme jeho dynamické i statické vlastnosti, které se projeví v rozlišení statické a dynamické splývavosti.

Splývavost dosáhla takového významu, že je někdy uvažována jako kritérium pro hodnocení jakosti textilií. V dnešní době, kdy se výrobci textilií i oděvů orientují na přání zákazníka, je nutné vyrábět takové textilie, které lze zpracovat na oděvní výrobek s žádanými vlastnostmi. Splývavost je jistě jedna z prvních vlastností, o které se zákazník při výběru oděvu zajímá. Proto je pro výrobce velmi důležité odhadnout předem, jakou splývavost bude vyráběný materiál mít.

Cílem této práce je zjistit vliv strukturních parametrů tkanin a směrové závislosti jejich mechanických vlastností na deformaci způsobenou vlastní tíží. Na základě tohoto výzkumu je možné nastavit parametry při výrobě textilie tak, aby bylo dosaženo požadované splývavosti. Mnoho výzkumných pracovníků se zabývalo odvozením vztahu splývavosti a ostatních vlastností ve dvou základních směrech, a to po osnově a po útku. Práce o strukturním vlivu jsou méně časté. Protože textilie je plošně anizotropní materiál, je cílem této práce zjistit, jak se vlastnosti textilie mění v různých směrech a jaký vliv mají tyto změny na deformaci způsobenou vlastní tíží.

## 1. Deformace způsobená vlastní tíží

Deformací způsobenou vlastní tíží rozumíme splývavost a tuhost v ohybu, tedy vlastnosti, které určují výsledný tvar textilie. V následujících kapitolách jsou blíže popsány tyto vlastnosti a způsob jejich měření.

### 1.1 Splývavost textilie

Hovoří-li se o splývavosti plošné textilie, myslí se tím způsob, kterým plošná textilie spadá v záhybech v důsledku vlastní tíže. Typickými příklady výskytu splývavosti jsou např. oděvy, záclony, ubrusy.

V literatuře můžeme najít různé definice splývavosti. Podle normy je splývavost souhrn vlastností plošné textilie jako vláčnost, poddajnost a ohebnost. Vyjadřuje se poměrem mezi plochou zkoušených vzorků a plochou průmětů vzorků k ploše mezikruží, tj. k ploše vzorků způsobilých ke splývání. Udává se v % [61].

Jiný zdroj uvádí, že splývavost plošné textilie lze definovat jako schopnost textilie vytvářet prostorové deformace ve tvaru zaoblených záhybů vlivem gravitace [57].

V cizojazyčné literatuře nalezneme tuto definici splývavosti: splývavost se nazývá schopnost textilních výrobků v zavěšeném stavu pod vlivem vlastní hmotnosti tvořit úhledné trvalé záhyby [53].

Další autor charakterizuje splývavost takto: splývavost je definována jako schopnost plošné textilie vytvářet prostorové deformace ve tvaru záhybů zaobleného tvaru, kterých se dosáhne jejím upnutím v kruhové horizontální čelisti. Splývavé okraje a záhyby kruhového vzorku na něm charakterizují tuto prostorovou poddajnost [53].

Schopnost textilie orientovat se do záhybů, jestliže je ovlivněna silami gravitace, je nazývána splývavost. Je podstatnou charakteristikou všech oděvních materiálů [48].

#### 1.1.1. Měření splývavosti

Přestože se splývavost většinou hodnotí subjektivně, bylo provedeno mnoho výzkumných prací ke zjištění objektivního měření splývavosti. Byly zkoumány mechanické vlastnosti, které souvisejí se splývavostí, zejména ohybové a smykové vlastnosti.

Protože tuhost v ohybu má velký vliv na splývavost, první přístroje k určení splývavosti byly navrženy k měření ohybové délky. Takto byly získány dobré výsledky pro dvojdimenzionální (2D) splývavost (v praxi se však vyskytuje třídímenzionální - 3D - splývavost). V této oblasti bylo uskutečněno velké množství prací a bylo vyvinuto mnoho přístrojů. 2D způsob měření splývavosti neodráží přesně splývavost, protože při splývání textilií dochází k 3D deformacím. Aby bylo možné vyčíslit 3D splývavost, byly vyvinuty objektivní techniky měření, které simulují subjektivní metody (např. pokládání materiálu přes podložku nebo figurínu, tím je umožněno textilii volně splývat v záhybech a lze hodnotit velikost a počet záhybů). Nejčastější metoda je založena na kruhovém vzorku textilie, který splývá přes okraje menšího kruhového podstavce. Přístroje, které využívají tuto metodu, se obecně nazývají drapemetry. Pravděpodobně neexistuje český ekvivalent k tomuto výrazu, proto je v této práci zavedeno označení přístroj pro měření splývavosti.

Podstatným krokem k reálnějšímu a v praxi využitelnému určení splývavosti bylo vyvinutí přístroje k měření 3D splývavosti. Chu rozvinul metodu měření splývavosti F. R. L. přístrojem pro měření splývavosti, splývavost je vyčíslena jako koeficient splývavosti DC uváděný v %. Cusick dále rozvinul tuto metodu, přístroj k měření splývavosti je proto také znám jako Cusickův přístroj pro měření splývavosti. Metoda měření splývavosti podle Cusicka se stala standardem pro určení koeficientu splývavosti. Používá zdroj světla s kolimovaným svazkem, pomocí něhož se promítá obrys splývající textilie na podložku. Koeficient splývavosti je definován jako procentuální podíl promítnuté plochy z celkové plochy původního kruhového vzorku. V praxi se často určuje vážením. Cusick definuje koeficient splývavosti DC jako hmotnost papíru o ploše promítnutého stínu splývajícím vzorkem  $W_2$ , vyjádřenou jako procentuální podíl  $W_1$  kruhového vzorku

$$DC = \frac{W_2}{W_1} 100 \%.$$

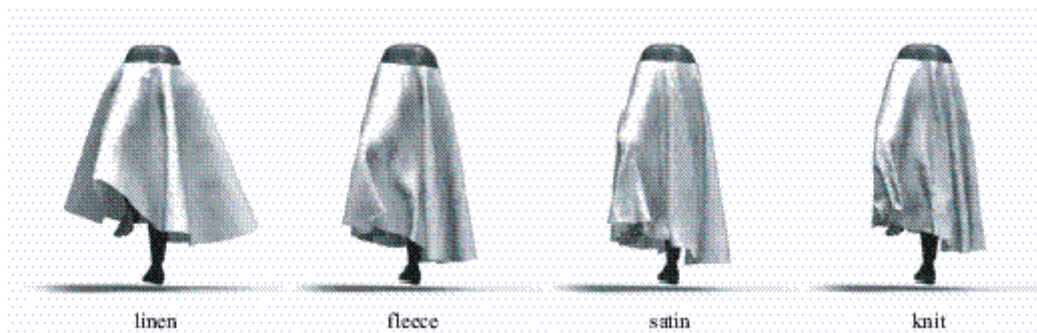
Hodnota 100 % vyjadřuje zcela neohebný (tuhý) materiál, hodnota 0 % představuje zcela poddajný materiál. V praxi se setkáme s hodnotami od 30 % pro tkaniny s řídkou dostavou hedvábnického typu do 90 % pro škrobené tkaniny v plátnové vazbě s hustou dostavou a asi 95 % pro tuhé netkané textilie.

Protože mohou být použity podstavce různých velikostí, což ovlivňuje koeficient splývavosti, musí být uveden průměr podstavce spolu s výsledkem měření. Ideální rozměr podstavce je takový, když koeficient splývavosti vyjde mezi 40 % a 70 %.

Přestože je známo, že splývavost je trojrozměrná vlastnost, měření pomocí klasického přístroje pro měření splývavosti tento pohled neumožňuje. Posuzována je také statická

splývavost za určených podmínek. Důležitá je ovšem také splývavost při dynamických podmínkách, např. vliv vzduchu při rotačním pohybu. Tím jsou ovlivněny zejména materiály s nižší plošnou hmotností.

Na obrázku č. 1 vidíme různé způsoby splývání textilií. Zleva doprava jsou to: plátno, počesaná pletenina, tkanina v atlasové vazbě a pletenina.



Obr. č. 1 – Splývající textilie.

Ballard a Brown pro klasifikaci průmětu zavedli obrysový vektor  $V$  takto:

$$V = \left( \bar{\rho}_{\max}, \bar{\rho}_{\min}, S \right),$$

kde  $\bar{\rho}_{\max}$  je průměrná hodnota maximálních délek záhybů a je dána vztahem

$$\bar{\rho}_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{\rho_{\max}(i)}{n}$$

a  $n$  je počet vytvořených záhybů neboli vln. Tento způsob hodnocení se blíží subjektivnímu hodnocení [1].

### 1.1.2 Metody měření splývavosti

V této kapitole jsou uvedeny postupy zjišťování splývavosti a popsány jejich výhody a nevýhody. Metody měření splývavosti můžeme rozdělit na standardní a nestandardní.

Standardní metody:

- Měření splývavosti podle normy ČSN 80 0835
- Měření splývavosti F. R. L. přístrojem pro měření splývavosti
- Měření splývavosti I. T. F. přístrojem pro měření splývavosti

Nestandardní metody

- Metoda B. J. Jevdokimova a A. K. Bucharovové

- Měření splývavosti podle Hanuse
- Subjektivní hodnocení splývavosti
- Dynamická splývavost
- Určování splývavosti vážením
- Určení koeficientu splývavosti použitím divergentního světla
- Hodnocení splývavosti pomocí obrazové analýzy

### 1.1.3 Princip standardních metod měření splývavosti

Většina těchto metod je založena na projekci splývaného vzorku, jejímž výsledkem je stín vzorku. Mezi nejstarší metody stanovení plochy průmětu patří planimetrování a vážení.

#### 1.1.3.1 Metoda podle ČSN 80 0835

Kruhový vzorek plošné textilie o průměru 300 mm se umístí soustředně na kruhový stojánek o průměru 180 mm. Po přiložení průsvitné desky se obrys splývajícího vzorku promítne na průsvitný papír a zakreslí se. Zakreslená plocha se zplanimetruje a vypočte se splývavost v %.

Koeficient splývavosti  $x$  vyjadřuje, jaký podíl zabírá plocha průmětu deformované části vzorku z plochy vzorku, která je způsobila ke splývání.

$$x = \frac{S - \bar{S}_p}{S_m} 100 [\%],$$

$S$  je plocha zkoušené textilie,

$\bar{S}_p$  je průměrná plocha průmětů,

$S_m$  je plocha mezikruží, tj. plocha vzorků způsobila ke splývání.

Nevýhody metody ČSN:

- Při obkreslování a planimetrování vznikají chyby, které jsou způsobeny lidským faktorem.
- Splývavost je vyjadřována koeficientem splývavosti, ten však nepodává úplný obraz zkoumaného materiálu. Je mnoho jiných aspektů podrobného vytváření splývavosti. Jeden z parametrů, který se může rychle změnit, je počet vln, které se při projekci vytvářejí. Při zvětšení podpůrné čelisti se stav stínu změní, počet vln se zvýší. Dalšími zanedbávanými parametry jsou hloubka vln a jejich rozložení v závislosti na směru textilie.

- Světlo získané z kruhově umístěných žárovek není zcela paralelní.
- Splývavost  $x$  je definována jinak než ve světě uznávaný koeficient splývavosti DC. Vztah mezi koeficientem splývavosti DC a splývavostí určenou podle ČSN označovanou je  $x = 100 - DC$  [%].

V experimentální části této práce je splývavost vyjádřena koeficientem splývavosti podle ČSN [61].

### 1.1.3.2 Měření splývavosti pomocí Přístroje F. R. L. (F. R. L. Drapemeter)

Způsob měření splývavosti na tomto přístroji je podobný jako u ČSN 80 0835. Tento přístroj byl sestaven za tím účelem, aby tkanina mohla být deformována ve všech směrech.

Vzorek plošné textilií kruhového tvaru se upne mezi dvě kruhové čelisti a nechá se volně splývat, po ustálení se na kruhový prstenec z papíru obkreslí promítnutý stín. Plocha promítnutého stínu se zjistí planimetrováním.

Koeficient splývavosti se vypočte ze vztahu:

$$DC = \frac{S - \pi - r}{\pi R^2 - \pi r^2} 100 \text{ [%]},$$

kde

$S$  je plocha stínu (mm),

$r$  je poloměr čelisti (mm),

$R$  je poloměr zkoušeného vzorku (mm).

Popis zařízení a vzorku:

Přístroj se skládá ze sférického dutého zrcadla, bodového zdroje světla, který je umístěn tak, aby vznikl rovnoběžný světelný svazek, ze dvou kruhových čelistí stejného průměru, mezi které se vkládá zkoušený vzorek, z průhledného prstencového podstavce a skleněné desky.

Vzorek plošné textilie má průměr 300 mm a čelisti mají průměr 80 mm. Hodnoty koeficientu splývavosti získané na tomto přístroji se pohybují okolo 30 % pro jemné tkaniny a 90 % pro tuhé tkaniny.

Nevýhody metody:

Tato metoda neposkytuje příliš citlivé měření a při samotném měření může dojít k různým chybám, např.:



- průmět vzorku se obkresluje ručně a plocha stínu se zjistí planimetrováním, takže do měření je zanesena chyba, která je způsobena lidským faktorem,
- koeficient splývavosti nám nepodává kompletní popis textilie při splývání.

Protože je tato metoda měření splývavosti podobná jako u metody podle ČSN, vznikají při měření podobné chyby [22].

### **1.1.3.3 Měření splývavosti pomocí Přístroje I. T. F. (I. T. F. Drapemeter)**

Přístroj vyvinulo pletařské výzkumné středisko při francouzském textilním institutu v Troyes.

V této metodě se využívá přímého měření vzorku, takže na rozdíl od předchozích nepracuje s projekcí zkoušeného vzorku.

- Koeficient splývavosti je stanoven použitím odlišných průměrů čelistí a vzorků, a proto ho nelze srovnávat se standardním koeficientem splývavosti.
- Koeficient splývavosti nepopisuje komplexně chování plošné textilie, zanedbává tvar textilie, tj. tvar a rozměr vln, počet vln apod. [22].

### **1.1.4 Princip nestandardních metod měření splývavosti**

#### **1.1.4.1 Metoda B. J. Jevdokimova a A. K. Bucharovové**

Jednou z nejjednodušších metod stanovení splývavosti je podle B. J. Jevdokimova a A. K. Bucharovové. Na vzorku o rozměrech 400 mm x 200 mm se naznačí čtyři body. Vzorek plošné textilie se v naznačených bodech napichuje na jehlu, aby se získaly tři záhyby a aby byl jeden z nich otevřený směrem k experimentátorovi. Tato metoda nedovoluje posuzovat splývavost ve více směrech najednou, splývavost je zjednodušena na dvojrozměrné vlny [29].

#### 1.1.4.2 Metoda měření splývavosti podle Hanuse

Hanus ve své diplomové práci navrhl zařízení na měření splývavosti, které pracuje na principu měření okamžité půdorysné vzdálenosti okraje splývajícího vzorku od středu rotující čelisti (t. j. délka převisu).

Vzorek o průměru 300 mm je centrálně upnut mezi dvěma současně rotujícími kruhovými čelistmi o průměru 180 mm, je osvětlen shora paprskem světla ze štěrbin. Velikost štěrbin odpovídá velikosti snímací lišty skládající se z devíti fotodiod v dolní části zařízení. Z grafického záznamu lze určit střední poloměr, potřebný na výpočet plochy průmětu splývajícího vzorku jako střed amplitudy signálu. Tato metoda není velmi přesná, není známa citlivost fotodiod, není možné posoudit, kdy se fotodioda zapne a kdy je zacloněna částečně. Grafický záznam se proměří planimetrem, tudíž je výsledek ovlivněn chybou lidského faktoru [13].

#### 1.1.4.3 Subjektivní hodnocení splývavosti

Pohled jedinců na splývavost textilie se snaží zachytit metoda subjektivního hodnocení této vlastnosti s následným statistickým vyhodnocením. Zároveň se zjišťuje míra korelace mezi subjektivním hodnocením a objektivním hodnocením prezentovaným koeficientem splývavosti.

Hearle popisuje provedení testů založených na párovém porovnávání splývajících textilií. Půlkruhové kusy bílých bavlněných textilií a textilií z umělého hedvábí se upnou na modelový stojan, aby jim byl dodán tvar sukní. Pro odstranění nesrovnalostí při rozdílném zavěšení každé textilie na stojan se zhotoví fotografie těchto sukní.

Při pokusu byly skupině pozorovatelů (většinou textilních vědeckých pracovníků) předloženy fotografie a položeny otázky „Která textilie nejvíce splývá?“ a v další fázi otázka „Které splývání preferují?“.

Srovnání subjektivního hodnocení s objektivními texty ukázalo, že existuje určitá, nikoliv však dokonalá, korelace mezi subjektivním hodnocením a pozorovaným koeficientem splývavosti a ohybovou délkou. Rovněž bylo zjištěno, že maximum preferované splývavosti se mění v dosti velkých mezích závislých na aktuální módě a individuálním vkusu posuzovatele. Tedy nejvíce preferovaná splývavost může být jiná než subjektivně hodnocená největší splývavost.

Při výběru vhodné textilie pro daný výrobek je tento způsob při patřičných zkušenostech posuzovatele dostačující [15].

#### 1.1.4.4 Dynamická splývavost

Metoda studuje splývavost z celkově odlišného úhlu pohledu, především imitováním jejího subjektivního vývoje. Běžné přístupy stanovení splývavosti jsou většinou založeny na centrálně upevněném vzorku plošné textilie, který pod vlivem gravitace padá dolů, a tím tvoří typické vlny. Výsledkem tohoto měření je tzv. koeficient statické splývavosti.

Při výzkumech byla popsána dynamická splývavost jako protiklad statické splývavosti, protože pohyb ovlivňuje splývavost oděvu. Yang a Matsudaira odvodili pro koeficient dynamické splývavosti  $D_d$  z kývavého pohybu, který se přibližuje pohybu při chůzi, empirický výraz

$$D_d = 90,217 + 0,1183W - 720,73\sqrt{\frac{B}{W}} - 41,13\sqrt{\frac{G}{W}}.$$

Yang a Matsudaira definovali koeficient splývavosti pro neustále se obnovující jev s kývavým pohybem. Uvažují vztah mezi  $D_s$  a  $D_d$  a mechanickými vlastnostmi naměřenými pomocí KES. Subjektivní hodnocení dynamické splývavosti úzce souvisí s ohybovými a smykovými vlastnostmi. Lai použil regresní analýzu a umělou neuronovou síť k predikci dynamického vzhledu sukně v pohybu podle mechanických vlastností materiálu. Cílem bylo nahradit subjektivní hodnocení hodnocením objektivním. Bylo zjištěno, že metoda neuronové sítě poskytuje přesnější predikci než regresní analýza. Nejdůležitější mechanické vlastnosti pro predikci splývavosti byly (podle definice KES, viz dále): (B) ohybová tuhost a (2HG) hystereze při 0,5°. Hystereze má vliv na nelineární chování textilií [9].

#### 1.1.4.5 Metoda vážení

Měření plochy stínu splývajícího vzorku planimetrováním je poměrně zdoluhavé, náročné na přesnost rukou i očí experimentátora a z důvodu kontroly musí být alespoň jednou měření opakováno. Jednoduchá alternativa určování koeficientu splývavosti je metoda vážení.

Zkouška [56] se provádí tak, že kruhový papír poloměru  $R = 150$  mm je umístěn pod střed testovacího zařízení. Obkreslí se obrys stínu získaný paralelním světlem. Určí se hmotnost  $W_1$  papírového kruhu. Poté se papír podle obrysu stínu vystříhne a část papíru ve tvaru stínu plochy  $S$  se zváží. Získá se hmotnost  $W_2$ .

Koeficient splývavosti se vypočítá takto:

$$DC = \frac{Sw - \pi r^2 w}{\pi R^2 w - \pi r^2 w} 100 [\%],$$

kde

hmotnost papíru  $W_1 = \pi R^2 w$ ,

hmotnost zastíněné plochy papíru:  $W_2 = Sw$ ,

poloměr čelisti  $r$ .

Nevýhody metody:

- nerovnoměrnost v plošné hmotnosti papíru,
- nepřesnost při obkreslování a střihání tvaru stínu,
- nepřesnost vah.

#### 1.1.4.6 Stanovení koeficientu splývavosti s použitím divergentního světla

Získání paralelního světla je složité, vyžaduje přesné parabolické nebo alespoň kulové duté zrcadlo poměrně velkého průměru a bodový zdroj světla. Cusick navrhuje alternativu ke stanovení koeficientu splývavosti, a to pomocí snadněji dosažitelného rozbíhavého (divergentního) světla [6].

#### 1.1.4.7 Zjišťování splývavosti pomocí obrazové analýzy

Obrazová analýza umožňuje studovat více parametrů, které určují splývavost. Standardní metody se zabývají jen koeficientem splývavosti, z obrazové analýzy lze sledovat počet vln, hloubku vln a jejich rozložení v jednotlivých směrech. Navíc při použití této metody nedochází k chybám vzniklým obkreslováním plochy průmětu.

Z průzkumu publikací bylo zjištěno, že pro měření splývavosti použilo mnoho výzkumných pracovníků obrazovou analýzu. Collier vyvinul digitální přístroj pro měření splývavosti. Matsudaira použil obrazovou analýzu pro měření statické a dynamické splývavosti. Vangheluwe a Kiekens použili také obrazovou analýzu (digitální fotografický přístroj a počítačové zpracování obrazu). Stylios vyvinul novou generaci přístrojů pro měření splývavosti umožňující měření 3D statické a dynamické splývavosti pomocí digitálního fotografického přístroje. Obrazová analýza umožňuje provést měření v krátkém čase.

Systém obrazové analýzy vyvinutý pro měření koeficientu splývavosti se skládá z konvenčního přístroje pro měření splývavosti, počítače, monitoru, kamery a obrazové desky. Stín promítaný textilí je po digitalizaci převeden do binárního obrazu. Prahová hodnota, která stanovuje kritéria pro upravení obrazu šedé škály do černobílého obrazu, může být řízena na uživatelském stykovém obvodu systému. Z tohoto důvodu není metoda obrazové analýzy ovlivněna barvou textilie.

Digitalizovaný binární obraz je zpracován uzavírající operací k odstranění šumu na pozadí obrazu a segmentací obrazu stínu. Uzavírající operace je dilatace následovaná erozí. Tato operace vyplňuje v jednotlivých bodových objektech abnormality.

Po digitalizaci obrazu splývající plošné textilie systém obrazové analýzy vyhledá hranice mezi stínem textilie a ústředním diskem na přístroji pro měření splývavosti a hranice mezi stínem textilie a vnější oblastí stínu textilie.

S použitím tohoto mezního popisu software vypočítá promítanou plochu ústředního kruhu na přístroji pro měření splývavosti a promítanou plochu stínu splývající textilie. Z těchto vypočítaných hodnot je určena hodnota koeficientu splývavosti.

Systém obrazové analýzy podává rovnocenné výsledky koeficientu splývavosti s hodnotami získanými konvenčními manuálními metodami, ale nevyžaduje tolik času a zručnosti při vykonávání zkoušky.

Schopnost opakování měření splývavosti u obrazové analýzy je velice dobrá. Dovoluje provést mnohonásobná měření v rozumném čase. Umožňuje rovněž určit koeficienty splývavosti na stejné splývající textilii pro různé časové intervaly, což může být využito pro sledování časové závislosti koeficientu splývavosti.

### **1.1.5 Metody simulace splývavosti**

Mezi další možnosti hodnocení splývavosti, a to zejména z vizuálního hlediska, patří i metody simulace splývavosti [7].

Od poloviny osmdesátých let se několik odborníků pokusilo o počítačové modelování textilí nebo jiných ohebných materiálů. Hlavním cílem simulace splývavé plošné textilie je modelovat jedinečné dynamické deformační vlastnosti ohebných textilí. Textilie se podrobují velkým deformacím za působení malých sil, čímž se liší od ostatních plochých materiálů. Ve většině plochých materiálů je počítačová simulace obvykle omezena na studium deformace materiálu. V textiliích však simulace musí

objasnit předpokládaný tvar, jakmile textilie docílí rovnováhy a vytvoří konečnou podobu tím, že je položena přes nějaký předmět. Simulování splývavého chování plošné textilie představuje geometrický problém nelineárního pole se značnými posuny.

První práce v této oblasti byly založeny na použití průhybových křivek. Další možností je modelování mikrostruktury textilií. Textilie jsou složité mechanismy protkaných nití, které samy jsou mechanismy kroucených vláken. Třecí síly mezi vlákny a nitěmi dávají textilií mechanismus ustálené struktury. Model má velký počet prvků, body křížení nití jsou považovány za částice, je formulován vztah částic v textilií k jejich sousedním částicím a použit k výpočtu deformace.

Další metoda využívá teorie smykového pružného pláště a formulace konečného prvku. Metoda konečných prvků je způsob rozdělení systému na jednotlivé komponenty nebo prvky, jejichž chování se snadno odvodí. Potom následuje rekonstrukce původního systému. Musí se brát v úvahu velká přestavení a ohyb textilie kolem dvou kolmých os současně.

Za počáteční tvar textilie byla vzata rovná deska, která prochází skrz velké deformace během procesu splývání. Zatížení je do systému vnášeno po krocích. Vizuální podobnost předložená modelem a skutečnou textilií, naměřené hodnoty deformace na okrajích a v přechodových bodech na skutečné textilií korelují dobře s hodnotami modelu [56].

Simulaci můžeme rozdělit podle toho, zda odpovídá, nebo neodpovídá skutečnosti.

- Reálná simulace textilie – je to simulace textilie, která využívá materiálových charakteristik jako je modul pružnosti v tahu, smykový modul pružnosti, Poissonův poměr. Tyto materiálové charakteristiky se promítají do výsledného tvaru simulované textilie.
- Animace oděvů – při této simulaci se materiálové charakteristiky nemusejí dodržovat, důležité je, aby nasimulovaný oděv vypadal reálně. Tato animace se nejvíce využívá ve virtuální realitě [57].

### 1.1.6 Modelování splývavosti materiálu a oděvu

Hardaker a Fozzard uvádějí splývavost oděvu jako problém při vývoji 3D oděvních CAD systémů. Mnohé práce se zabývají modelováním chování splývavosti materiálů a oděvů a porovnáním s výsledky získanými při pokusech. Při modelování splývavosti oděvu se uplatňují dvě metody, a to geometrická a fyzikální.

Geometrická metoda uvažuje textilní materiál jako deformovatelný objekt, který je představován soustavou vektorů v trojdimenzionálním prostoru ležících na ploše mřížky, a splývavost je simulována změnou tvaru povrchu materiálu, který se svůj tvar přizpůsobuje omezujícím bodům podstavce.

Fyzikální model využívá pojmů klasické mechaniky, pružnosti a deformační energie k modelování komplexní deformace materiálu při splývání. Pro simulaci splývavosti byly použity klasická mechanika spojitých prostředí a metoda konečných prvků. Ve srovnání s geometrickou metodou nedosahuje fyzikální metoda tak dobrých výsledků, protože při splývání dochází ke složité a rozsáhlé deformaci.

Collier použil k predikci splývavosti geometrickou metodu nelineárních konečných bodů. Byl přijat předpoklad, že textilní materiál se chová jako membránová skořepina, která má ortotropní vlastnosti namísto izotropních. (ortotropie = pravouhlá anizotropie) Bylo zjištěno, že k predikci splývavosti je třeba tří nezávislých vlastností, a to tahový modul ve dvou základních směrech v rovině a Poissonův poměr.

Chen a Govindaraj použili k predikci splývavosti teorii pružné skořepiny. Textilní materiál je uvažován jako spojitě ortotropní médium. V tomto modelu byly použity tyto vlastnosti: Youngův modul pružnosti ve směru útku a ve směru osnovy, smykový modul a Poissonův poměr.

Modelování splývavosti lze použít v oděvních CAD systémech a pro zkoumání deformace materiálu při montáži oděvních výrobků.

Další fyzikální modely jsou založené na teorii částic. Breen uvažoval mikrostrukturu tkaniny jako materiálu složeného z částic, které na sebe vzájemně působí fyzikálními silami.

Fyzikální metody jsou používány k simulování vzhledu oděvu vyrobeného z určitého materiálu. Na rozdíl od geometrických metod je možné pomocí metod fyzikálních modelovat vlastnosti materiálů jako vlna nebo hedvábí, které se v různých situacích chovají různě.

C. Feynman vyvinul metodu, která umožňuje modelovat splývavost textílie. V této metodě je textílie znázorněna v 3D prostoru využitím 2D mřížky. Feynmanova metoda je vyjádřena jako funkce pružnosti, ohybových vlastností a měrné hmotnosti. Feynman zjistil, že textílie získá konečný tvar tehdy, když je její energie minimální. Tato teorie vychází z teorie pružných desek.

Při simulování deformace textilních materiálů nastávají tři zásadní technické problémy. Jsou to jejich typické mechanické vlastnosti, tj. protažení, smykové a ohybové vlastnosti. Dále je to splývavost materiálu, deformační a dynamické chování, které je nutné k simulaci změn povrchu materiálu při nošení. Třetím problémem je nelineární chování materiálu při deformaci. Proto se pro popis chování materiálu používají komplexní nelineární modely. Splývání a vrásnění textilních materiálů lze modelovat pomocí Eulerovy diferenciální rovnice [47]:

$$\frac{d^2\psi}{ds^2} = -\frac{P}{B}\sin\psi,$$

kde  $P/B$  je síla na jednotku ohybové tuhosti materiálu. Tvar je dán proměnnou  $\psi$ , což je úhel mezi tangentou a horizontálou, který je funkcí  $s$ , což je vzdálenost měřená podél profilu materiálu.

Studie [11] se zabývá predikcí koeficientu splývavosti tkanin z jejich mechanických vlastností, naměřených pomocí KES. Pro predikci byla použita vícenásobná regrese a neuronová síť. Bylo vybráno pět základních parametrů pro sestavení regresního modelu: ohybová hystereze, smyková hystereze, střední hodnota koeficientu tření, tloušťka, plošná hmotnost.

Predikce pomocí obou metod je dobrá, ukázalo se, že metoda neuronové sítě je nepatrně lepší.

### 1.1.7 Nestálost splývavosti textilií

Ve splývavosti textilií může být pozorováno uvolňující chování. Koeficient splývavosti DC klesá rovnoměrně s časem. Tato časová závislost je způsobena klouzáním v čase mezi osnovními a útkovými nitěmi pod vlivem gravitace. Je pravděpodobné, že pokles v koeficientu splývavosti vyplývá z uvolnění mechanických vlastností textilií. Měření časové závislosti koeficientu splývavosti podle Cusicka odhalilo jeho rozdíl mezi stejnými textiliemi.

Splývaný tvar textilie není stálý. Jestliže by však mohl být uložen stejný počáteční stav na textilií před splýváním, měl by být tento tvar získán [29].



## 1.2 Tuhost v ohybu

Podle ČSN 80 0858 se tuhostí rozumí odolnost plošné textilie vůči ohýbání. Je to schopnost materiálu reagovat momentem vnitřních sil soudržnosti proti namáhání momentem vnějších sil způsobujících deformaci. Vyjadřuje se jako ohybový moment v mN/cm.

### 1.2.1 Metody zjišťování tuhosti v ohybu textilie

Metody měření tuhosti v ohybu můžeme rozdělit na statické a dynamické. Statické metody vyhovují tehdy, chceme-li znát okamžitou hodnotu tuhosti plošné textilie. Dynamické metody pomáhají v posouzení únavových jevů při opakovaném namáhání textilie.

Mezi statické metody patří [57], [53], [54]:

- metoda podle ČSN 80 0858,
- metoda podle Sommera,
- modifikovaná metoda podle Sommera,
- metoda podle Peirce,
- Cantilever test.

Dynamické metody

- metoda podle Schieffera,
- metoda podle Bekka.

#### 1.2.1.1 Metoda podle ČSN 80 0858

Při sledování tuhosti se vzorek upevněný v čelisti zkušebního přístroje dotýká volným koncem čidla přístroje. Vzorek je namáhán na ohyb otáčením čelisti do výchylky 60° od svislé osy silou potřebnou pro tuto deformaci zkoušeného vzorku. Konečná hodnota naměřené síly je úměrná dílkům na stupnici [62].

#### 1.2.1.2 Metoda zjišťování tuhosti v ohybu podle Sommera

Sommerova metoda vychází z ohybu jednostranně vetknutého nosníku, kterým je v tomto případě proužek textilie s plošnou měrnou hmotností  $\rho$  [kg.m<sup>-2</sup>]. Proužek

textilie má délku  $l$  [m] a vlastní tíhou se ohýbá tak, že svírá s původním horizontálním směrem úhel  $\alpha$  [°].

Z délky vzorku a úhlu  $\alpha$  se pak vypočítá ohybová délka  $c$ . Tuhost v ohybu je dána vztahem:

$$T_{os} = \rho_s \cdot c^3 \quad [\text{kg.m}]$$

$T_{os}$  je tuhost v ohybu podle Sommera [kg.m],

$\rho$  je plošná měrná hmotnost [ $\text{kg.m}^{-2}$ ],

$c$  je ohybová délka [m].

### 1.2.1.3 Cantilever Test

Cantilever test [54] je preferován pro jednoduchost a vysokou korelaci se subjektivním hodnocením materiálů.

Metoda Cantilever Test je vylepšením Sommerovy metody v tom smyslu, že je pevně definován úhel 43°. Zařízení sestává z nakloněné roviny, které se po vysunutí po horizontální ploše dotkne proužek textilie. Tato metoda je jedna z nejvíce používaných.

### 1.2.2 Charakteristika tuhosti v ohybu a splývavosti jako složené vlastnosti

Tuhost v ohybu i splývavost jsou ovlivňovány vlastnostmi přízí a vláken.

Vlastnosti vláken, přízí a tkanin rozdělujeme následujícím způsobem:

1) Vlastnosti vláken

A) Vlastnosti polymeru

B) Geometrické vlastnosti (orientace molekul řetězců, délka, tvar plochy příčného řezu, struktura povrchu)

C) Mechanicko-fyzikální vlastnosti (namáhání v ohybu, v tahu, krutu, deformace elastická a plastická)

2) Vlastnosti přízí

A) Vlastnosti vláken

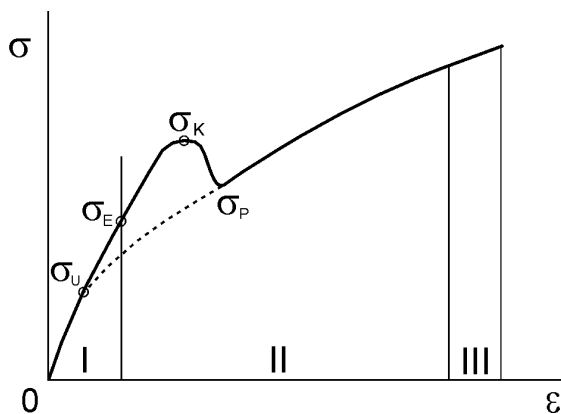
B) Geometrické vlastnosti (jemnost příze, zákrut, struktura povrchu, konstrukce příze)

- C) Mechanicko-fyzikální vlastnosti (pružnost příze, tuhost, úprava)
- 3) Vlastnosti tkaniny
  - A) Vlastnosti příze
  - B) Geometrické vlastnosti (tloušťka, struktura tkaniny, vazba, dostava)
  - C) Mechanicko-fyzikální vlastnosti (tuhost v ohybu, splývavost, mačkavost, modul pružnosti, pevnost).

## 2. Mechanické vlastnosti textilií

Vlastnosti pevných látek, které se projevují v jejich chování vzhledem k působení vnějších sil, se nazývají mechanické vlastnosti. Mírou silového mechanického působení v pevných látkách je napětí, tj. síly působící na jednotku plochy. Toto napětí je jednak normálové, tj. působící kolmo na plochu a označující se  $\sigma$ , jednak tečné, tj. působící tečně k ploše, a označující se  $\tau$ . Změny vlivem napětí vyvolávají změny tvaru pevných látek nazývané deformace (přetvoření). Deformace se popisují relativní změnou v délce ve směru působící síly (podélné deformace), ve směru kolmém (příčné deformace) nebo změnou úhlů pravoúhlého obrazce, která vznikne při deformaci ve smyku.

Vlastnosti pevných látek jsou popsány deformačním (trhacím) diagramem, což je závislost napětí vyvolávajícího deformaci na relativní deformaci  $\varepsilon = (l - l_0)/l_0$ , kde  $l$  je délka po deformaci,  $l_0$  je původní délka. Deformační diagramy se pro látky s různými mechanickými vlastnostmi vzájemně liší tvarem svého průběhu. Příklad deformačního diagramu oceli je na obr. č. 2, na kterém jsou zřejmá všechna důležitá stadia vznikající při deformaci látek. Na obrázku jsou svislými čarami vyznačeny tři významné oblasti deformace, kterým říkáme oblast elastické deformace (oblast I), oblast plastické deformace (oblast II) a oblast rozrušování pevných látek (oblast III).



Obr. č. 2 – Průběh mechanické deformace.

## 2.1 Deformace

Při natahování vzorku dochází k jeho prodloužení (deformaci). Absolutní deformace  $\Delta l$  je vyjádřena v délkových jednotkách [mm]. Má-li být deformace různých materiálů srovnávána, je nutné ji přepočítat na relativní jednotky, nejčastěji %. Nebudeme-li vyjadřovat deformaci v %, bude vyjádřena jako bezrozměrné číslo [1]. Pro přepočet deformace používáme následující vztahy:

Absolutní deformace

$$\Delta l = l - l_0 \quad [\text{mm}],$$

kde  $l$  je konečná délka po natažení [mm],

$l_0$  je počáteční (původní) délka vzorku [mm], zvaná upínací délka.

Relativní deformace

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}.$$

Relativní deformace do přetrhu se nazývá tažnost [%].

Absolutní pevnost v tahu je definována jako síla  $F$  [N] potřebná k přetržení vzorku textilie.

### 2.1.1 Elastická deformace

Do určité hranice meze úměrnosti  $\sigma_u$  vyznačené v diagramu na obr. č. 2 podléhá látka pružné, elastické deformaci. Průběh pružné deformace charakterizuje přímková část deformačního diagramu, která udává lineární závislost mezi napětím a deformací nazývanou Hookův zákon.

Pružné deformace jsou spjaty jako každé deformace látek s vychylováním atomů (molekul) pevné látky z rovnovážných poloh. Důležitou a podstatnou vlastností pružné deformace je, že se jejím vlivem nerozrušují meziatomové vazby a nevytvářejí se nové vazby mezi atomy. Při pružné deformaci si zachovávají všechny stavební částice pevné látky své sousedy. Po zrušení sil způsobujících deformaci se mohou proto všechny atomy vrátet do svých původních poloh. Změna meziatomových vzdáleností při pružné deformaci je velmi malá.

### 2.1.2 Plastická deformace

V části II deformačního diagramu dochází i po odlehčení působení vnějších sil k trvalým a nevratným změnám tvaru tělesa. V této části deformačního diagramu

dochází k plastické deformaci. Při plastické deformaci se uvnitř tělesa dočasně rozrušují vazby mezi nejbližšími sousedy, atomy se vzájemně posunují a pak se vazby opět spojí. Doba mezi rozrušením vazeb a jejich obnovením nepřekročí však dobu působení vnějších deformačních napětí.

### 2.1.3 Modul pružnosti textilií

Modul pružnosti u textilií nelze definovat tak, jak je definován Youngovým modulem. Vycházíme z toho, že modul pružnosti je první derivací funkce tahové (pracovní) křivky, jinými slovy tečna ke křivce v počátku.

Deformaci popisujeme jako vratnou – elastickou a nevratnou – plastickou. Elastické deformace lze očekávat pouze v oblasti malých sil a deformací. U strojnických materiálů je tato závislost popisována Hookovým zákonem a vyjádřena Youngovým modulem pružnosti.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad [Pa]$$

Hookův zákon v této formě nezávisí na rozměrech tělesa, protože vyjadřuje vztah mezi poměrnými veličinami. Youngův modul pružnosti  $E$  je definován [26], [17] podílem napětí a příslušného poměrného prodloužení, nazývá se též modul pružnosti v tahu.

Popis tahových vlastností tkaných textilních materiálů je složitý, protože tkaniny jsou ortotropní a jejich modul se s napětím mění. Modul je různý pro všechny směry tkaniny. Prodloužení ve směru  $45^\circ$  vzhledem k osnově je většinou nejvyšší. Mechanismus prodloužení v tomto směru je ovlivněn smykovými vlastnostmi [31].

### 2.1.4 Smyková deformace

Pokud nastane deformace v jednom směru, jedná se o uniaxiální namáhání materiálu. Jeden rozměr vzorku se protahuje a druhý zkracuje. Při tomto namáhání se rozestup přízí uložených v tkanině ve směru namáhání zmenšuje a rozestup přízí uložených kolmo na směr namáhání zvětšuje.

Při biaxiálním namáhání vzorku textilie se působí napětím ve dvou na sebe kolmých směrech, a to ve směru osnovy a útku. V tomto případě dochází k protažení v obou směrech.

Při zatěžování vzorku v obecném směru, tj. různém od osnovy a útku, dochází k smykovému napětí a tím ke zkosení textilie.

## 2.2 Systém KES

KES je zkratka pro Kawabata Evaluation System. Je to soubor čtyř přístrojů určených zejména k hodnocení omaku textilií. Tyto přístroje pracují na principu nízkozátěžového měření. Hodnoty naměřené pomocí KES lze použít i pro hodnocení mechanických vlastností textilií. Poskytnutá data však nejsou snadno využitelná pro technické charakteristiky textilních materiálů. Přístroje měří šest skupin vlastností, které obsahují šestnáct charakteristik (viz tabulka). Tento systém používá pro vyjádření síly jednotku [gf] (gram force),  $1 \text{ gf} = 0,98 \text{ N}$ .

Podle [42] používá mnoho výrobců KES pro vytváření návrhu textilií. S využitím hodnot naměřených výrobcí je možné přesně simulovat skutečné textilní materiály.

Breen použil KES pro vývoj ohybových, smykových a tahových modelů textilních materiálů. Podle Breena [3], [42] je vytvoření detailního strukturálního modelu textilních materiálů důležité, aby bylo možné předpovědět chování konečného výrobku.

Tabulka č. 1: Šestnáct parametrů charakterizujících mechanické vlastnosti textilií

Skupina vlastnosti	parametr	charakteristika	Jednotka [ $1 \text{ gf/cm} \approx 0,98 \text{ N/m}$ ]
TAH	LT	Linearita křivky	[1]
	WT	Tahová energie na jednotku plochy	[ $\text{gfc}/\text{cm}^2$ ]
	RT	Tahová pružnost	[%]
SMYK	G	Tuhost ve smyku	[ $\text{gf}/\text{cm degree}$ ]
	2HG	Hystereze smykové síly	[ $\text{gf}/\text{cm}$ ]
	2HG5	Hystereze smykové síly při smykovém úhlu $5^\circ$	[ $\text{gf}/\text{cm}$ ]
OHYB	B	Ohybová tuhost vztažená na jednotku délky	[ $\text{gf cm}^2/\text{cm}$ ]
	2HB	Hystereze ohybového momentu na jednotku délky	[ $\text{gf cm}/\text{cm}$ ]
TLAK	LC	Linearita křivky	[1]
	WC	Energie stlačení	[ $\text{gf cm}/\text{cm}^2$ ]
	RC	Kompresní pružnost	[%]
POVRCH	MIU	Střední hodnota koeficientu tření	[1]
	MMD	Střední odchylka	[1]

		koeficientu tření	
	SMD	Střední odchylka geometrické drsnosti	[ $\mu\text{m}$ ]
KONSTRUKCE TEXTILIE	T0	Tloušťka textilie při tlaku $0,5 \text{ gf/cm}^2$	[mm]
	W	Plošná hmotnost	[ $\text{mg/cm}^2$ ]

Základní popis určení přístrojů je uveden v tabulce č. 2:

Tabulka č. 2: Systém měřicích přístrojů KES\_FB

Označení	Určení přístroje	Měřená veličina
KES-FB 1	Zkoušení tahu a smyku	LT, WT, RT, G, 2HG, 2HG5
KES-FB 2	Zkoušení čistého ohybu	B, 2HB
KES-FB 3	Zkoušení stlačení	LC, WC, RC, T
KES-FB 4	Zkoušení povrchu	MIU, MMD, SMD

Následuje charakteristika základních vlastností.

### 2.2.1 Tah

Tah je reakce textilie na působení tahové síly. Vzorek je upnutý mezi dvě čelisti, vzdálenost čelistí je 5 cm. Přístroj pro měření tahových vlastností je na obr. č. 3. Jedna čelist (přední) je pevná a druhá (zadní) je výkyvná. Výkyvná čelist je nasazena na posuvné základně a natahuje vzorek, tím tvoří tahové deformace. Vzorek je namáhán do meze  $F = 500 \text{ gf/cm} = 490 \text{ N/m}$ .

Charakteristické hodnoty:

$LT$  – linearita křivky [bezrozměrné číslo],

$WT$  - tahová energie na jednotku plochy [ $\text{gf cm/cm}^2$ ],

$RT$  - tahová pružnost [%].

Tyto charakteristické hodnoty jsou definovány vztahy:

$$WT = \int_0^{\varepsilon_m} F d\varepsilon,$$

$$LT = WT/WOT,$$

$$WOT = F_m \varepsilon_m / 2,$$

$$RT = (WT^* / WT) 100 [\%],$$

kde  $F$  je tahová síla na jednotku délky [gf/cm],

$\varepsilon$  je deformace [%],

$F_m$  a  $\varepsilon_m$  jsou maximální hodnoty  $F$  a  $\varepsilon$ ,

$$WT' = \int_0^{\varepsilon_m} F' d\varepsilon$$

je zotavení na jednotku plochy,

$F'$  je tahová síla v zotavení.



Obr. č. 3: Přístroj KES pro měření tahových a smykových vlastností.

### 2.2.2 Smyk

Reakce textilie na působení smykové síly. Charakteristické hodnoty:

$G$  - Tuhost ve smyku [gf/cm degree],

$2HG$  - Hystereze smykové síly [gf/cm],

$2HG5$  - Hystereze smykové síly při smykovém úhlu  $0,5^\circ$  [gf/cm].

### 2.2.3 Ohyb

Je reakce textilie na působení vnější síly nebo na působení gravitace. Vzorek je upnutý mezi dvě čelisti, které jsou od sebe vzdáleny 1 cm. Jedna čelist je pevná, druhá pohyblivá. Čistý ohyb křivosti  $K$  je v rozmezí -2,5 cm až +2,5 cm.

Charakteristické hodnoty:

$B$  - Ohybová tuhost vztažená na jednotku délky [gf cm<sup>2</sup>/cm],

$2HB$  - Hystereze ohybového momentu na jednotku délky [gf cm/cm].





Obr. č. 4: Přístroj KES pro měření ohybových vlastností.

### 2.2.4 Tlak

Měří se vzdálenost mezi přitlačnou deskou a podkladovou deskou měřicího zařízení. Plocha přitlačné čelisti je 2 cm<sup>2</sup>. Měření se provádí v jednom směru na třech místech.

Charakteristické hodnoty

*LC* – linearita křivky,

*WC* - tahová energie na jednotku plochy [gf cm/cm<sup>2</sup>],

*RC* - kompresní pružnost [%].

$$LC = WC / WOC,$$

$$WC = \int_{T_m}^{T_0} P dt,$$

$$RC = WC' / WC \cdot 100 \quad [\%]$$

Tyto charakteristické hodnoty jsou definovány vztahy:

*T* je tloušťka vzorku (cm),

*T*<sub>0</sub> je tloušťka vzorku při tlaku 0,5 gf/cm<sup>2</sup> (cm),

*T*<sub>m</sub> je tloušťka vzorku při maximálním tlaku *P*<sub>m</sub> = 50 gf/cm<sup>2</sup>,

$$WOC = P_m(T_0 - T_m)/2.$$



Obr. č. 5: Přístroj KES pro měření tlakových vlastností.

### 2.2.5 Povrch

Měří se povrchové tření a geometrická drsnost povrchu. Vzorek je upnutý čelistmi a pohybuje se zleva doprava a opačně.

Charakteristické hodnoty:

*MIU* - střední hodnota koeficientu tření,

*MMD* - střední odchylka koeficientu tření,

*SMD* - střední odchylka geometrické drsnosti [ $\mu\text{m}$ ].

$$MIU = \frac{1}{X} \int_0^x \mu dx,$$

$$MMD = \frac{1}{X} \int_0^x |\mu - \bar{\mu}| dx,$$

$$SMD = \frac{1}{X} \int_0^x |T - \bar{T}| dx.$$

Tyto charakteristické hodnoty jsou definovány vztahy:

$\mu$  je koeficient tření (1),

$x$  je dráha čidla na povrchu vzorku,

$X$  jsou 2 cm zahrnuté ve standardním měření.



Obr. č. 6: Přístroj KES pro měření povrchových vlastností.

### 2.2.6 Struktura textilie (hmotnost a tloušťka)

Tloušťka je měřena při měření tlaku textilie a  $T$  je bráno jako tloušťka při tlaku  $P = 0,5 \text{ gf/cm}^2$ .

Charakteristické hodnoty [9]:

$T$  - tloušťka textilie při tlaku  $0,5 \text{ gf/cm}^2$  [mm],

$W$  - Plošná hmotnost [ $\text{mg/cm}^2$ ].

### 3. Strukturní parametry tkanin

Tkanina je plošná textilie vytvořená zpravidla ze dvou vzájemně kolmých soustav nití, osnovy a útku, navzájem provázaných vazbou. Tkaní je nejpoužívanější způsob výroby plošných textilií a bylo objeveno asi 6000 let př. n. l. Pojem struktura znamená podstatu, co je uvnitř, z čeho se celek skládá. Vlastnosti popisují, jak se celek chová a projevuje [27].

V této práci byly ze strukturních parametrů posuzovány vazba, dostava, plošná hmotnost a tloušťka.

Dostavou rozumíme počet nití jednoho směru na délku 100 mm směru druhého. Zjišťujeme-li dostavu osnovy ve tkanině, zjišťujeme ji nejméně na dvou různých místech po šířce tkaniny, a to nejméně 10 cm od okraje tkaniny. Zjišťujeme-li dostavu útku ve tkanině, zjišťujeme ji nejméně na 3 místech, a to ve větších vzdálenostech od sebe ve směru osnovy.

Vazba plátňová je nejstarší vazbou. U této vazby mění každá nit svou polohu při vnášení následujícího útku, tj. byla-li při prvním útku nit nahoře, je při druhém vnešeném útku vespod a opačně. Proto mají tkaniny provázané plátňovou vazbou nejhustější provázání. Lícni i rubní strana tkaniny mají stejný vzhled. Vzhledem k velmi častému provázání osnovy a útku se zvyšuje tření mezi jednotlivými nitěmi, což má za následek zvýšení pevnosti tkaniny.

Vazba keprová se vyznačuje šikmými, rovnoběžně uspořádanými čarami, řádky. Tvoří-li tuto výraznou čáru vazné body osnovní, pak druhá soustava, tj. útky, tvoří proužky více či méně vypuklé nebo obráceně.

Vazba atlasová dodává tkaninám hladký a lesklý povrch s bezvýraznými nebo málo výraznými řádky [16].

### 3.1 Tloušťka tkaniny

Tloušťka plošné textilie je definovaná jako kolmá vzdálenost mezi lícem a rubem textilie, měřená za předepsaného přitlaku. Tloušťka ovlivňuje celou řadu fyziologických vlastností textilních výrobků, např. prodyšnost, vlhkost, tepelně-izolační vlastnosti.

Tloušťka textilie se měří jako vzdálenost mezi základní deskou, na které je vzorek umístěn, a kruhovým přitlačným kotoučem, který vyvíjí předdefinovaný přitlak na zkoušenou plochu textilie. Zkušební vzorek se umístí mezi dvě desky (přitlačnou a základní) a následně na něj působí zvolený přitlak. Po stanovené době se zaznamená kolmá vzdálenost mezi deskami [8].

### 3.2 Plošná měrná hmotnost

Jemnost plošných textilií se vyjadřuje jako hmotnost na jednotku plochy [ $\text{kg m}^{-2}$ ] [26].

### 3.3 Anizotropie textilie

Anizotropie textilie je směrová závislost mechanických vlastností plošné textilie a ze strukturálního hlediska je určena orientací nití (osnovy, útku) v textilií. O anizotropii mluvíme tedy v případě, když se nějaká fyzikální vlastnost materiálu neprojevuje ve všech směrech stejně. Je zřejmé, že textilie se jinak chová při zatížení ve směru osnovy, útku a v jiných směrech. Tato skutečnost velmi ovlivňuje splývavost textilie, např. obecně platí, je-li vyšší Youngův modul pružnosti v osnově než v útku, pak je tuhost v ohybu osnovy vyšší, a tedy ve směru osnovy se textilie hůře deformuje.

Pro plošné útvary se používá grafické zobrazení míry anizotropie v polárním diagramu. Čím jsou tyto diagramy protáhlejší, tím anizotropnější je chování materiálu.

## 4. Souvislost splývavosti a jiných vlastností textilií v různých směrech

Většina prací byla dosud věnována zjištění souvislostí mezi splývavostí a ostatními vlastnostmi textilních materiálů, jen málo prací se zabývá zkoumáním závislosti jednotlivých vlastností v různých směrech. Zajímavý pohled na toto chování textilií podává studie [50]. Proto v této diplomové práci uvádím popis pokusu a závěry, ke kterým autoři dospěli.

Tkané materiály jsou charakteristické různými vlastnostmi v různých směrech, což představuje problém nestejnoměrnosti průmětu při stanovení splývavosti. Tento jev je způsoben různou tuhostí materiálu v různých směrech. Cílem práce [50] bylo stanovit a odhadnout tuhost v ohybu pro materiály v různých směrech. Odpor ve smyku nebyl uvažován. Délka ohybu byla změřena a tuhost v ohybu byla spočítána ve dvanácti směrech za účelem vytvoření polárních diagramů, které představují stupeň anizotropie tkaných materiálů v závislosti na tuhosti v ohybu. Naměřené hodnoty byly srovnány s Cooperovým teoretickým modelem. Podle této metody jsou 3 rozměry (osnova, útek,  $45^\circ$ ) dostatečné k definování hodnoty tuhosti v ohybu u vzorku vyřezaného pod jakýmkoliv úhlem  $\alpha$  vzhledem ke směru osnovy. Průmět byl změřen ve 24 směrech a byl sestaven polární diagram. Bylo zjištěno, že výsledky měření tuhosti v ohybu jsou blízké výsledkům získaných pomocí Cooperova modelu, a proto je možné tento model použít k odhadu splývavosti tkaných materiálů s nízkou plošnou hmotností.

Na výběr byly dvě základní metody pro stanovení splývavosti: Cantilever test a pomocí přístroje pro měření splývavosti. Metoda Cantilever test se používá pro nepřímé stanovení splývavosti v případě, že chování vzorku je ohodnoceno ohybovou délkou. Tato metoda je používána pro teoretické studie splývavosti i experimenty. Nicméně, dvojrozměrná splývavost neodráží podstatu splývavosti, protože ta zahrnuje 3D zakřivení. Veličina nazvaná koeficient splývavosti se používá k popisu stupně 3D deformací v případě měření splývavosti pomocí přístroje pro měření splývavosti.

Většinou byl studován vztah mezi koeficientem splývavosti a tuhostí v ohybu měřené ve dvou směrech (útek a osnova). Málo pozornosti bylo dosud věnováno souvislosti mezi splývavostí materiálu a tuhostí v ohybu v různých směrech. Průmět měřeného materiálu je dvojrozměrná projekce zachycena pomocí Cusickova přístroje pro měření splývavosti a tento obraz je následně digitálně zpracován.

### *Materiály a metody*

Pokus byl proveden se sedmi materiály s nízkou plošnou hmotností, vzorky měly různé materiálové složení vláken. Vzorky byly většinou v plátnové vazbě, 2 vzorky byly v rypsové vazbě kombinované s vazbou plátnovou. Je důležité poznamenat, že vybrané materiály měly různou tuhost v ohybu, od  $1,13 \mu\text{N/m}$  do  $12,08 \mu\text{N/m}$ .

Cooperův teoretický model byl zvolen pro určení tuhosti v ohybu. Cooper zdůrazňuje, že pro ohyb vzorku vyřezaného v úhlu  $\alpha$  vzhledem k osnově, po ose kolmé k délkovému rozměru, je nezbytné zavést točivý moment. Je tedy odvozena tato rovnice:

$$B_{\alpha} = B_1 \cos^4 \alpha + B_2 \sin^4 \alpha + (J_1 + J_2) \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha,$$

kde  $B_1$ ,  $B_2$  a  $B_{\alpha}$  jsou tuhosti v ohybu pro osnovu, útek a ve směru  $\alpha$ , případně  $J_1$  a  $J_2$  jsou momenty. Tento vztah v podstatě vyjadřuje harmonickou analýzu funkční závislosti

s využitím druhé a čtvrté harmonické. V této diplomové práci byla anizotropie taktéž hodnocena pomocí harmonické analýzy s využitím rozkladu úhlově závislých periodických funkcí do Fourierovy řady. Ukazuje se, že dvě první sudé harmonické velmi dobře charakterizují anizotropní chování textilií, v této diplomové práci je však vzato v úvahu prvních 10 Fourierových koeficientů, zvláštní pozornost je přitom věnována prvním pěti. Bylo tak učiněno z toho důvodu, aby byl zjištěn i vliv lichých harmonických v Cooperově modelu neuvažovaných.

Parametry  $B_1$  a  $B_2$  lze získat pokusem, ne však zvlášť parametry  $J_1$  a  $J_2$ . Nicméně, součet  $(J_1 + J_2)$  lze vypočítat z měření ve třech různých směrech – osnova, útek a  $45^\circ$ . Vzorec pro výpočet tuhosti v ohybu pro všechny možné směry potom vypadá následovně:

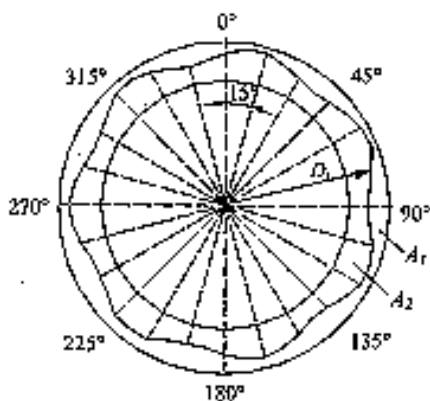
$$B_\alpha = B_1 \cos^4 \alpha + B_2 \sin^4 \alpha + [4B_3 - (B_1 + B_2)] \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha,$$

kde  $B_3$  je tuhost v ohybu pro úhel  $45^\circ$  vzhledem k osnově ( $B_{45}$ ) nebo vzhledem k útku ( $B_{135}$ ).

Cooper zavedl vztah  $V = (J_1 + J_2)/(B_1 + B_2)$  k odhadu trendu v polárním diagramu. Pokud nahradíme výraz  $(J_1 + J_2)$  hodnotami tuhosti v ohybu pro osnovu, útek a ve směru  $45^\circ$ , vztah se změní následovně:

$$V = \frac{AB_3 - (B_1 + B_2)}{B_1 + B_2}$$

Splývavost vzorků byla měřena digitálně. Vzdálenosti od středu obrazu průmětu byly měřeny po  $15^\circ$ .



Obr. č. 7 – Průmět splývaného vzorku.

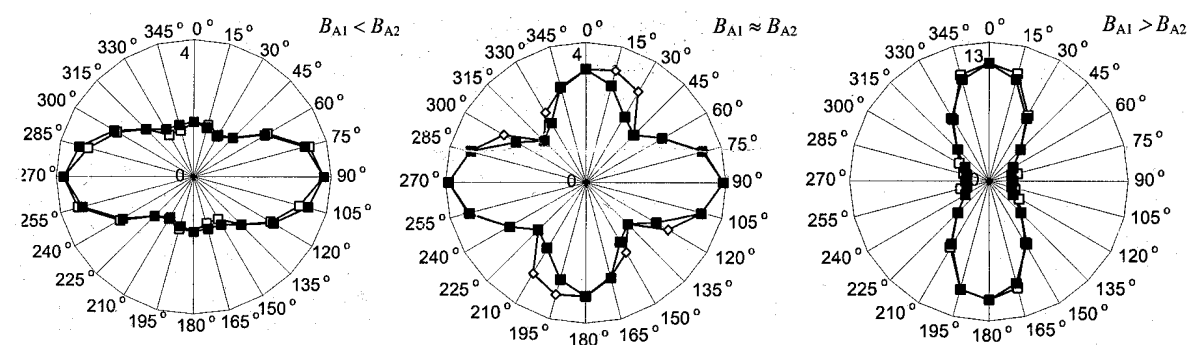
Výsledky pokusu při měření tuhosti v ohybu ve směru osnovy  $B_{A1}$ , útku  $B_{A2}$  a  $45^\circ$   $B_{A3}$  jsou uvedeny v tabulce. Jak již bylo zmíněno, tuhosti  $B_{45}$  a  $B_{135}$  mohou být odlišné, proto byla vypočtena průměrná hodnota  $B_{A3}$ . Výsledky pokusu a výsledky teoretických

výpočtů pro jednotlivé směry jsou uvedeny v polárních diagramech (obr. 8, 9, 10). Variační koeficient nepřekračuje 7 %.

Polární diagramy u materiálů s různými hodnotami tuhosti v ohybu v osnově, útku a v ostatních směrech mají různé tvary. Tyto rozdíly představují anizotropii tkaných materiálů. Anizotropie ohybu ve dvou základních směrech může být vyjádřena vztahem  $B_{A1}/B_{A2}$ . U prvního polárního diagramu je poměr  $B_{A1}/B_{A2} < 1$ , je horizontálně orientovaný a je charakteristický pro materiály A a B (hustá dostava v osnově, nízká ohybová tuhost). Druhý tvar polárního diagramu pro  $B_{A1}/B_{A2} = 1$  dokazuje minimální anizotropii materiálu ve dvou základních směrech, je charakteristický pro materiál C (vysoká dostava v osnově, velká tloušťka, střední tuhost v ohybu). Třetí tvar polárního diagramu pro  $B_{A1}/B_{A2} > 1$  charakterizuje materiály D – G (vysoká dostava v osnově, malá tloušťka, vysoká tuhost v ohybu).

Bylo zjišťováno, jestli rozdíly mezi materiály, které závisí na tuhosti v ohybu měřené ve třech základních směrech, budou patrné v celkovém obrysu splývaného materiálu. Proto byly stanoveny koeficient splývavosti a průměrné vzdálenosti k okraji vzorků od středu. Tyto skutečné hodnoty byly porovnány s hodnotami teoretickými.

Byla dokázána vysoká korelace teoretických i experimentálních výsledků. Jsou viditelné drobné rozdíly mezi jednotlivými kvadranty polárních diagramů, což může být způsobeno zákrutem přize nebo strukturními zvláštnostmi materiálu. Podle Coopera může být tento jev vysvětlen zákrutem přize a zvláštnostmi struktury materiálu. Proto byly v dalším výzkumu použity polární diagramy získané z teoretických výpočtů.



Obr. č. 8 – 10 – Polární diagramy pro materiály A, B (8), C (9) a D – G (10).

Materiály se stejným poměrem  $B_{A1}/B_{A2}$  mohou mít různou tuhost v ohybu  $B_A$ . Tentýž jev byl pozorován během analyzování průmětů při splývání. Např. materiál F je tužší než materiál E, protože vzdálenosti  $D_i$  k okraji obrazu průmětu jsou téměř ve všech směrech větší než u materiálu E.

## 4.1 Vliv mechanických a strukturních vlastností na splývavost

V této části se budeme zabývat studiemi, které zkoumají vliv vlastností materiálu na jeho splývavost.

Jednu z prvních studií provedl Peirce, podle této studie má největší vliv na splývavost tuhost materiálu a plošná hmotnost.

Chu ukázal, že splývavost závisí na třech základních vlastnostech. To jsou: Youngův modul pružnosti  $Y$ , v experimentální části této práce označovaný jako  $E$ , průřezový moment setrvačnosti  $I$  a plošná hmotnost materiálu  $W$ . Podle tohoto vypočítáme koeficient splývavosti jako  $DC = Y I / W$ . Pozdější studie poukazují na vliv smykových vlastností materiálu na jeho splývavost.

Pokus i teoretické výpočty pro vliv smykových vlastností na splývavost provedl Cusick. Odvodil následující rovnici, v níž pro výpočet koeficientu splývavosti používá ohybovou délku, úhel smyku (smyk je deformace, která vzniká v plochem materiálu, když opačné síly působí rovnoběžně, smyková tuhost je definována jako úhel smyku, při kterém se materiál začne ohýbat).

$$DC = 35,6C - 3,61C^2 - 2,59A + 0,0461A^2 + 17,0.$$

Zde  $DC$  je koeficient splývavosti,  $C$  je ohybová délka získána jako:

$$C = \frac{1}{4}(C_1 + C_2 + 2C_b),$$

kde  $C_1$  je ohybová délka ve směru osnovy,  $C_2$  je ohybová délka ve směru útku a  $C_b$  je ohybová délka ve směru  $45^\circ$  vzhledem k osnově.  $A$  je úhel smyku pro hodnotu pevnosti ve smyku  $2\text{g/cm}^2$ .

Je uveden předpoklad, že hlavním způsobem deformace při splývání je ohýbání textilie, ale výskytem dvojitého zakřivení musí dojít také k určitému smyku (tj. změně úhlu mezi nitěmi). Musí zde také nastat nějaká tahová deformace a deformace stlačením, ale vzhledem k vysoké tuhosti podél nití jsou pravděpodobně malé a mohou být zanedbány. Ohybové a smykové vlastnosti jsou tedy hlavními faktory ovlivňující splývavost textilie. Vhodným měřítkem pro popis ohybového chování je ohybová délka. Bylo sledováno, co se stane s koeficientem splývavosti, když nabude smyková tuhost extrémních hodnot.

Smyková tuhost, jako další faktor ovlivňující splývavost, je definována jako úhel smyku, ve kterém se textilie začíná ohýbat. Textilie s vysokou smykovou tuhostí mají sklon k tomu, že mají vysokou hodnotu ohybové délky, ohýbají se tedy při nižších úhlech. A textilie s nízkou smykovou tuhostí mají nízké hodnoty ohybové délky. Pro



danou ohybovou délkou mají textilie s vysokou smykovou tuhostí vyšší než průměrné hodnoty koeficientu splývavosti a ty s nízkou smykovou tuhostí mají nižší než průměrné hodnoty koeficientu splývavosti. Textilie s menším koeficientem splývavosti mají také menší smykový a ohybový odpor [7].

Struktura textilie má vliv na mechanické vlastnosti a tím i na splývavost textilie. Nehledě na typ vazby, jasně viditelnou proměnlivou ve struktuře textilie je její těsnost nebo kompaktnost, která závisí na vazbě a faktoru krytí.

Pro každou vazbu textilie se schopnost splývat zmenšuje, jak roste faktor krytí. Mezi schopností splývat a faktorem krytí existuje nepřímá úměra, protože ohybová pevnost se všeobecně zvětšuje, když se zvětšuje faktor krytí, avšak schopnost splývat se zmenšuje, pokud roste ohybová pevnost.

Dostava textilie ovlivňuje splývavost vzrůstem tuhosti v ohybu. Struktura tkaniny je ovlivněna vzájemným působením nití v osnově a útku. Pevnost tkaniny ovlivňuje splývavost nárůstem smykové tuhosti, ale vztah mezi pevností a tuhostí v ohybu nebyl nalezen. U mechanických vlastností textilií se prokázalo, že nestálost textilie stoupá společně s narůstajícím residuálním ohybem zakřivení a residuálním smykovým úhlem. Se vzrůstající dostavou narůstá i residuální ohybové zakřivení.

Protože je vliv vazby malý, splývavost textilie by měla být podobná pro odlišné textilní vazby při stejném faktoru krytí. Ukázal se však velký rozdíl ve schopnosti splývat mezi např. keprem 3/3 a keprem 4/4 při stejném faktoru krytí, ačkoli ohybová pevnost je stejná v obou textiliích. Tento rozdíl je pravděpodobně způsoben odlišným vzájemným působením přízí v odlišných vazbách. Textilie tak mají odlišné smykové pevnosti.

Množství nitě nebo její zprohýbání jsou další činitelé působící na splývavost textilie. Mohou být řízeny dvěma způsoby. Jedním zahrnutým při zušlechťovacích procesech a druhým pomocí volby struktury textilie ve stavu návrhu, takové jako vazba a uspořádání.

Změnu zprohýbání doprovází většinou zvětšení nebo zmenšení vnitřní síly mezi nitěmi nebo vlákny a v hustotě nití. Rozsah změny je závislý na zušlechťovacích procesech a účincích mechanických vlastností. Pro každý typ vazby se ohybová pevnost zvětšuje se zprohýbáním nitě.

Těsnost je významná proměnná ve struktuře textilie a její definice obsahuje pojmy faktor krytí a vazebný faktor. Faktor krytí není přiměřené znamení těsnosti vazby. To naznačuje, že textilie s podobnými faktory krytí mohou mít rozdílné mechanické vlastnosti, a to může mít za následek rozdíly ve schopnosti splývat.

Těsnost se dobře vztahuje ke smykové pevnosti. Vyšší těsnost tedy znamená nižší schopnost splývat.

Faktory přispívající ke splývavosti

DC – tloušťka

Tuhost - pružná složka – teoretické minimum -	Tahový modul vlákna
	Lineární hustota vlákna
	Lineární hustota příze
	Dostava
Geometrické prvky	Zakrytí
	Zotavení
Třecí složka -	koefficient tření
	Napětí uvnitř vlákna/příze - Zakrytí
	Zotavení

Kim a Vaughn ukázali, že splývavost není tolik ovlivněna plošnou hmotností, nýbrž je spojena s ohybovými, smykovými a tahovými vlastnostmi.

Podle Tanabea splývavost závisí na ohybovém modulu  $B$ , ohybové hysterezi  $HB$  a hmotnosti  $W$ . Korelace je vyšší při zahrnutí anizotropie ohybových vlastností.

S použitím fotografií splývajících materiálů s různým koeficientem splývavosti došli Suda a Ohira k závěru, že splývavost materiálu může být určena zrakem. Tato metoda je nejlépe použitelná pro materiály s koeficientem splývavosti kolem 30 %.

S použitím F. R. L. přístroje pro měření splývavosti odvodili Morooka a Niwa následující vztah, v němž je vyjádřen vztah koeficientu splývavosti a parametrů naměřených na přístrojích KES. Bylo zjištěno, že splývavost nejvíce ovlivňují ohybový modul a plošná hmotnost.

$$DC = 5,1 + 115,0\sqrt[3]{\frac{B_{90}}{W}} + 131,1\sqrt[3]{\frac{B_0}{W}} + 1,2\sqrt[3]{\frac{B_{45}}{W}},$$

kde

$DC$  je koeficient splývavosti,

$W$  je plošná hmotnost [ $\text{mg}/\text{cm}^2$ ],

$B_{90}$  je ohybová tuhost ve směru osnovy,

$B_0$  je ohybová tuhost ve směru útku,

$B_{45}$  je ohybová tuhost ve směru  $45^\circ$  vzhledem k osnově.

Niwa a Seto použili ve vztahu k výpočtu koeficientu splývavosti ohybovou a smykovou hysterezi:

$$DC = b_0 + b_1 \sqrt[3]{\frac{B}{W}} + b_2 \sqrt[3]{\frac{2HB}{W}} + b_3 \sqrt[3]{\frac{G}{W}} + b_4 \sqrt[3]{\frac{2HG}{W}},$$

kde

$DC$  je koeficient splývavosti,

$b_1$  až  $b_3$  jsou konstanty,

$B$  je ohybová tuhost,

$2HB$  je ohybová hystereze.

$W$  je plošná hmotnost,

$G$  je tuhost ve smyku,

$2HG$  je smyková hystereze.

Hu a Chan uvádějí vztah koeficientu splývavosti naměřeného pomocí Cusickova přístroje na měření splývavosti a mechanických vlastností měřených pomocí KES systému. Pro predikci použili logaritmickou regresi, která je přesnější než regrese lineární.

Matsudaira a Yang zjistili, že pro každý materiál existuje vlastní uzlové číslo. Koeficient statické splývavosti může být přesně změřen obrazovým systémem. Yang a Matsudaira odvodili vztah z tvaru izotropních a anizotropních materiálu při statickém splývání. Pro výpočet koeficientu splývavosti a uzlového čísla byly použity vztahy

$$DC_s = \frac{4a^2 + 2b^2 + 2a_m^2 + b_m^2 - 4R_0^2}{12R_0^2}.$$

s funkcí cosinus.

$$n = 12,797 - 269,9 \sqrt[3]{\frac{B}{W}} + 38060 \frac{B}{W} - 2,67 \frac{G}{W} + 13,03 \sqrt[3]{\frac{2HG}{W}}.$$

Zde  $R_0$  je poloměr kruhového stojanu,

$a$  je konstanta vyjadřující celkovou velikost plochy průmětu,

$b$  je konstanta ukazující výšku sinusové vlny dvojdimenzionálního průmětu,

$a_m$  a  $b_m$  jsou konstanty ukazující anizotropii materiálu:

$$a = 35,981 + 15193\sqrt{\frac{B}{W}} - 204300\frac{B}{W} + 23,273\sqrt{\frac{G}{W}} + 0,0178G,$$

$$b = 29,834 - 1,945n - 0,0188G - 91,84\frac{2HG}{W},$$

$$a_m = 9063\left(\frac{B_1 - B_2}{W}\right)^{2/3},$$

$$b_m = 6224\left(\frac{B_1 - B_2}{W}\right)^{2/3},$$

kde

$B$  je ohybová tuhost [mN/m<sup>2</sup>],

$G$  je tuhost ve smyku [N/m/rad],

$2HG$  je smyková hystereze pro 0,0087 rad [N/m],

$W$  je plošná hmotnost materiálu [g/m<sup>2</sup>],

$B_1$  je ohybová tuhost ve směru osnovy,

$B_2$  je ohybová tuhost ve směru útku.

V mnohých pracích byly zkoumány další souvislosti strukturních a mechanických vlastností tkanin. Bylo zjištěno, že tažnost tkaniny je závislá na tažnosti příze a způsobu provázání přízí ve tkanině. Plátina se zvyšující se dostavou útku vykazují vyšší tažnost jak po osnově, tak po útku.

Modul pružnosti v tahu je ovlivněn zejména materiálem, dostavou, provázáním příze ve tkanině a průměrem příze. Obecně lze říci, že modul pružnosti v tahu je větší ve směru osnovy než útku. U tkanin s plátňovou vazbou ve směru útku roste modul pružnosti v tahu se zvyšující se dostavou útku. Ve směru osnovy je trend opačný.

Tuhost v ohybu tkaniny je závislá na ohybové tuhosti příze a způsobu provázání příze ve tkanině a v neposlední řadě i na průměru příze. Hodnoty ve směru osnovy jsou mnohem vyšší než hodnoty ve směru útku. Můžeme to přičíst tomu, že se osnova před tkaním šlichtovala. Tkaniny s plátňovou vazbou ve směru útku mají rostoucí tuhost v ohybu tkaniny s rostoucí dostavou útku. Plátina ve směru osnovy mají tendenci opačnou, tzn., že s rostoucí dostavou útku klesá tuhost v ohybu tkaniny [49].

U tkanin s plátňovou vazbou se splývavost osnovy i útku snižuje se zvyšující se dostavou útku. U keprové a atlasové vazby má na splývavost velký vliv typ pórů obsažených ve vazbě. V této diplomové práci se tímto parametrem nezabýváme, neboť není směrově závislý. V práci [11] byla splývavost zjišťována pomocí obrazové analýzy, tudíž bylo možné dobře sledovat, jak tkanina splývá v různých směrech. Autorka však hodnotila splývavost jen ve směru osnovy a útku.

Splývavost je vlastnost, která vyjadřuje korigovanou tuhost v ohybu ve všech směrech současně. Podle Cusicka existuje závislost splývavosti na ohybové délce. Z této závislosti je zřejmé, že tatáž textilie nemusí vždy splývat se stejným počtem vln. V tomto případě se rozdíly koeficientů splývavosti při různém počtu vln liší minimálně. Obecně platí, že počet vln klesá, když koeficient splývavosti stoupá.

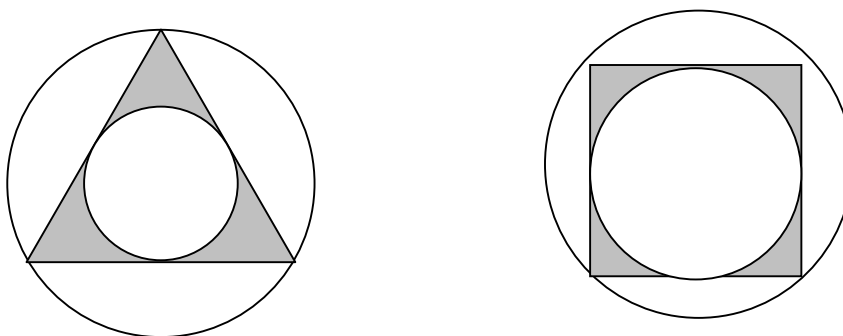
Rozmístění, počet vln a jejich tvar ve velké míře ovlivňuje směrová závislost mechanických vlastností plošných textilií.

## 4.2 Vliv rozměrů čelisti a vzorku na koeficient splývavosti

Výsledný tvar splývajícího vzorku upevněného v menší kruhové čelisti závisí na vzájemných hodnotách průměrů čelisti a vzorku.

Vliv měnícího se průměru čelisti na koeficient splývavosti při daném průměru vzorku

S měnícím se průměrem čelisti při použití vzorku konstantního průměru se mění počet vln (tedy tvar). Při zvětšení podpěrné čelisti se počet vln zvýší, jak ukazuje obr. č. 11.



Obr. č. 11 - Grafické vyjádření změny množství vln při různých průměrech čelisti.

Velmi tuhé textilie se prohýbají pouze mírně, bez vytváření jakýchkoliv zřetelných vln. To udává plochu určenou jako nula vln. Počet vln se zvyšuje se snižujícím se průměrem disků čelisti a klesající tuhostí textilií.

Je všeobecná tendence, že počet vln klesá, když koeficient splývavosti roste. Tatáž textilie nesplývá vždy se stejným počtem vln. Koeficient splývavosti se však velmi nemění při rozdílném množství vln. Z tohoto důvodu není v experimentální části této práce uvažován parametr počet vln [12].

### 4.3 Splývavost v různých směrech

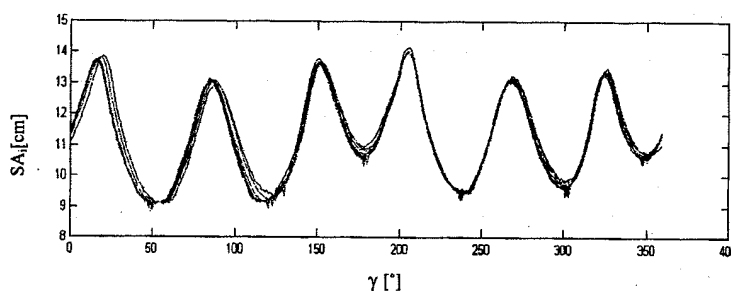
Na rozdíl od izotropních materiálů mají plošné textilie v různých směrech odlišné mechanické vlastnosti. Tuto skutečnost ovlivňuje anizotropie materiálu (směrová závislost vlastností), které má vliv na prostorovou deformaci plošných textilií.

Při klasickém zjišťování míry splývavosti (koeficientu splývavosti) formou vyhodnocování plochy průmětu splývajícího vzorku je částečně zanedbávaný tvar (plocha jednotlivých vln, obvod), počet, směr a délka splývajících vln pozorované textilie. Tyto parametry by významně přispěly ke zvýšení přesnosti informací o skutečném splývání zkoumaného materiálu a zároveň by poskytly obraz o rozložení této vlastnosti v různých směrech textilie, tudíž vlivu anizotropie na tuto vlastnost [12].

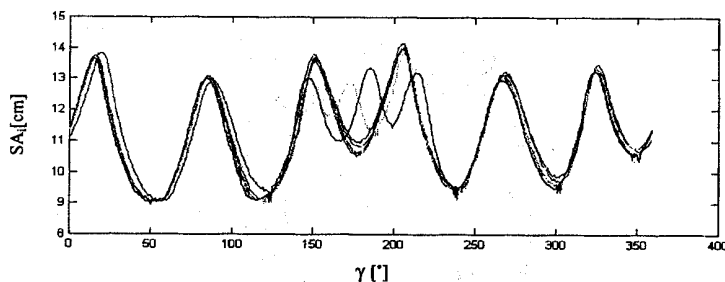
Každá plošná textilie zaujme při splývání určitý tvar s určitým počtem vln o určité délce, které se vytvoří v určitých směrech. Pro zlepšení estetického vzhledu oděvních výrobků se jako podstatné jeví tyto otázky:

- Preferují plošné textilie určité směry, ve kterých se vytvářejí jednotlivé vlny splývaného materiálu?
- Pokud ano, signalizují parametry (směr, délka, počet vln), které je možno z průmětu splývaného materiálu stanovit, vlastnosti této textilie (anebo naopak, promítají se vlastnosti textilií do tvaru průmětu splývaného materiálu)?

Byl proveden experiment, který spočíval v opakovaném snímání průmětů splývajícího materiálu.



Obr. č. 12 – Rozvinutý obrys průmětů.



Obr. č. 13 – Rozvinutý obrys průmětů.

Z grafů závislosti délky jednotlivých vln na směru, ve kterém se vlny vytvořily, je patrné, že měřená textilie preferuje určité směry splývání. To znamená, že vzorek materiálu zaujme při opakovaném splývání s velkou pravděpodobností přibližně stejnou polohu jednotlivých vln. Tento jev však platí jen u konkrétního vzorku daného materiálu.

Jiný vzorek ze stejného materiálu se při splývání nemusí chovat stejně. Z grafu je zřejmá podobnost profilů v určitých úsecích.

Je otázkou, co způsobilo odchylky v ostatních částech profilu. Při bližším prozkoumání jednotlivých částí rozvinutých obrysů průmětů je možné pozorovat rozložení velkých vln do několika menších (většinou dvou), kde maximum prostřední vlny kopíruje směr minima vlny původní (velké). Porovnání obvodu původní vlny s obvodem rozložených vln vykazovalo jen malé rozdíly v těchto hodnotách. Podstatnější změna nastala ve velikosti ploch porovnávaných vln. Ve velké míře se do odchylek jednotlivých profilů mohou promítnout chyby měření způsobené např. nepřesnou přípravou vzorků, nedodržením stejných podmínek měření, apod. [30].

#### **4.4 Splývavost materiálu se švem**

Splývavost materiálu se švem nebo oděvu je ovlivněna pružností materiálů a konstrukcí švu. Ačkoliv bylo provedeno mnoho výzkumů zaměřených na splývavost materiálu, v praxi se materiál téměř vždy vyskytuje se švem, což ovlivňuje splývavost. Zatím však se tímto tématem zabývalo jen málo prací.

Chungová vytvořila přehled studií, které se zabývají statickou i dynamickou splývavostí materiálů bez švu i se švem. Cílem bylo zjistit vliv švových záložek, typu a umístění švu na splývavost tkanin. Bylo zjištěno, že ohybová délka vzrůstá při použití svislého švu, zatímco koeficient splývavosti se zvyšuje při použití paprskovitých (radiálních) švů. Zvětšování švových záložek má pouze nepatrný vliv. Nejvyšší koeficient splývavosti se vyskytuje při použití švu ve tvaru kružnice umístěného těsně vně kruhového stojanu [58].

## 5. Experiment

### 5.1 Výběr vzorků

Pro experiment bylo vybráno šest tkanin, tři režné a tři určitým způsobem upravené. Režné tkaniny měly shodnou dostavu osnovy i útku a navzájem se lišily vazbou. Upravené textilie měly shodnou vazbu (plátňovou), ostatní parametry těchto tkanin byly různé.

Vzorky materiálů jsou uvedeny v příloze č. 1 a byly označeny následovně:

Materiál č. 1: režná textilie, atlas.

Materiál č. 2: režná textilie, kepr.

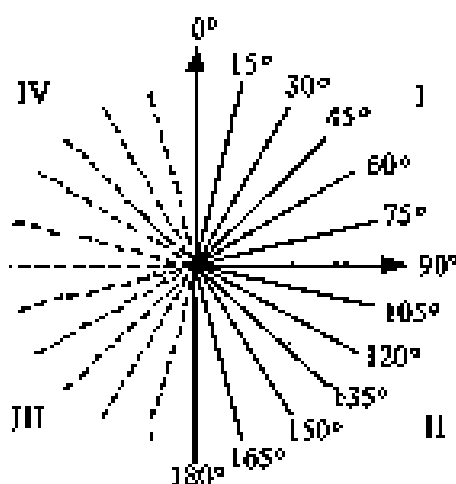
Materiál č. 3: režná textilie, plátno.

Materiál č. 4: upravená textilie, plátno.

Materiál č. 5: upravená textilie, plátno

Materiál č. 6: upravená textilie, plátno.

Na těchto tkaninách byly naměřeny mechanické a strukturní vlastnosti. Jedná se jak o vlastnosti, které jsou vyjádřeny jednou hodnotou pro celý materiál, tak o vlastnosti směrově závislé. Směrově závislé vlastnosti byly měřeny po  $15^\circ$ , a to tak, že směr osnovy byl označen jako  $0^\circ$  a útek  $90^\circ$ . Vzorky byly odebrány podle schématu od  $0^\circ$  do  $165^\circ$ . Byl přijat předpoklad, že vlastnosti ve III. a IV. kvadrantu jsou shodné s vlastnostmi v I. a II. kvadrantu.



Obr. č. 14 – Směry měření.

Pozn.: V této práci nejsou uvažovány smykové vlastnosti, neboť z technických důvodů je nebylo možné měřit. Ohybové vlastnosti byly naměřeny přístrojem KES.



## Data vynesena do programu Statistica

1. sloupec: název vzorku,
2. sloupec: splývavost v %,
3. sloupec: průměrná minimální hloubka zvlnění v mm,
4. sloupec: průměrná maximální hloubka zvlnění v mm,
5. - 29. sloupec: průměrná hloubka zvlnění po 15 stupních (0 až 360 stupňů) v mm,
30. - 40. sloupec: prvních deset Fourierových koeficientů harmonické analýzy zvlnění  $c_n$ ,  $n=1$  až 11 v mm,
41. - 52. sloupec: průměrné Youngovy moduly pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů v N/m,
53. - 64. sloupec: průměrné hodnoty  $WT$  pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů v  $\text{Nm/m}^2$ ,
65. - 76. sloupec: průměrné hodnoty  $WOT$  pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů v  $\text{Nm/m}^2$ ,
77. - 88. sloupec: průměrné hodnoty linearit  $LT$  pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů (bezrozměrná veličina),
89. - 100. sloupec: průměrné hodnoty síly při přetržení pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů v A,
101. - 112. sloupec: průměrné hodnoty prodloužení při přetržení pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů v mm,
113. - 124. sloupec: průměrné hodnoty ohybové tuhosti pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů v  $[\times 10^{-4} \text{ Nm}^2/\text{m}]$ ,
125. - 136. sloupec: průměrné hodnoty ohybové hystereze pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů v  $[\times 10^{-2} \text{ Nm/m}]$ ,
137. - 148. sloupec: průměrné hodnoty koeficientu tření pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů (bezrozměrná veličina),
149. - 160. sloupec: průměrné odchylky koeficientu tření pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů (bezrozměrná veličina),
161. - 172. sloupec: průměrné odchylky ohybové geometrické drsnosti pro úhly 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 stupňů  $[\mu\text{m}]$ ,
173. sloupec: plošná hmotnost  $[\text{kg/m}^2]$ ,
174. sloupec: tloušťka  $[\text{mm}]$ ,
175. sloupec: dostava osnova  $[\text{1/cm}]$ ,
176. sloupec: dostava útek  $[\text{1/cm}]$ ,
177. sloupec: vazba.

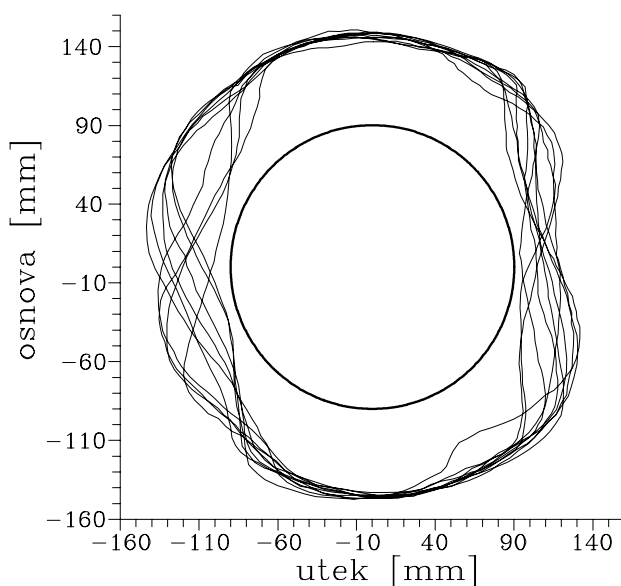
## 5.2 Splývavost a související vlastnosti

Splývavost byla posuzována jako dvojrozměrná statická veličina, byla zjištěna pomocí obrazové analýzy Lucia. Software Lucia pro obrazovou analýzu byl vyvinut a je stále inovován firmou Laboratory Imaging s. r. o. Systém obrazové analýzy Lucia je propojením světelného mikroskopu přes kameru do PC [43]. Byl vyhodnocen koeficient splývavosti v % (ČSN). Byla zjištěna průměrná minimální a maximální hloubka zvlnění v mm. Dále byl vyhodnocen směrově závislá vlastnost popisující splývavost, a to průměrná hloubka zvlnění po 15. stupních v mm. Byly vypočteny koeficienty fourierovské harmonické analýzy  $c_n$ ,  $n=1$  až 11 v mm.

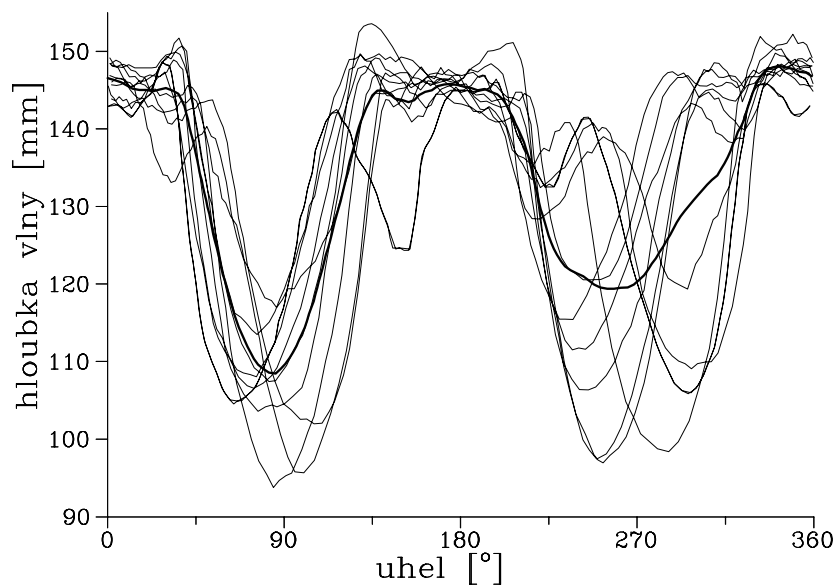
Výsledky jsou uvedeny v příloze č. 3, výstupy z obrazové analýzy byly dále graficky zpracovány. Níže jsou uvedeny jak reálné tvary dvojrozměrné splývavosti, tak grafy rozvinuté do úhlových souřadnic. Rozvinují se ve směru hodinových ručiček od směru svislé osy (osnovy). Silná čára znázorňuje střední hodnotu splývavosti, respektive zvlnění.

## Materiál č. 1

$$x = 31,19 \% (DC = 68,81 \%)$$



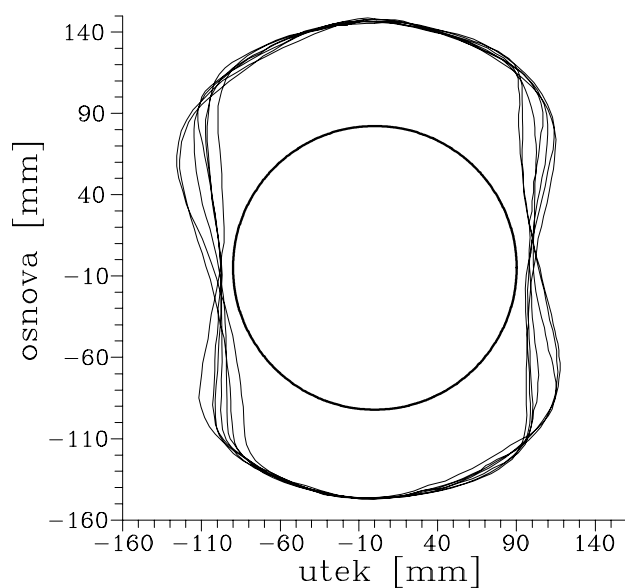
Obr. č. 15 – Průměty splývaného materiálu č. 1.



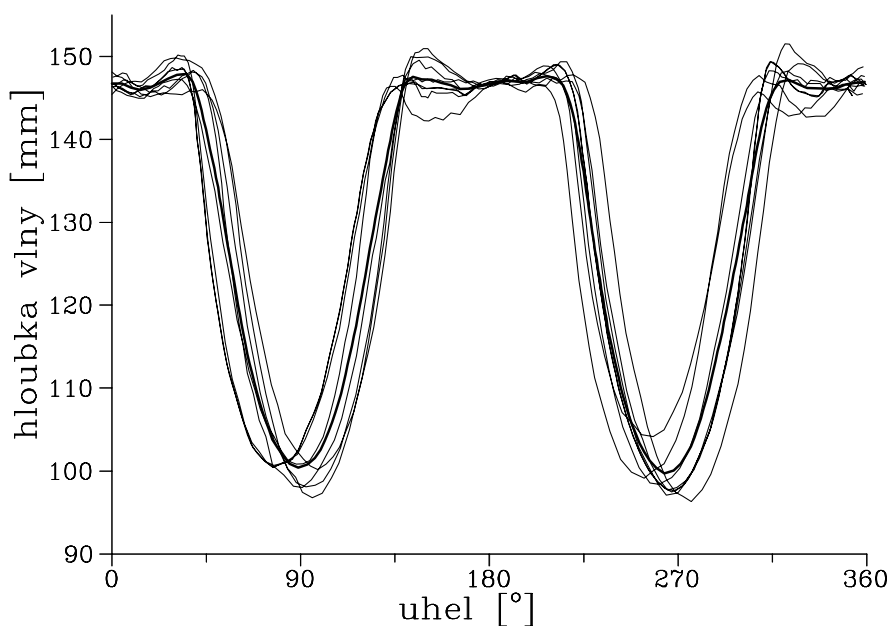
Obr. č. 16 – Rozvinuté průměty splývaného materiálu č. 1

Pokud použijeme hodnocení podle [50], mohli bychom splývání tohoto materiálu označit jako silně vertikálně orientované. Z grafů je patrné, že materiál nemá tendenci splývat ve směru osnovy, mezi 10 měřenými vzorky jsou nepatrné rozdíly v tomto směru. Nejvyšší splývavost má materiál ve směru útku.

## Materiál č. 2

 $x = 34,91 \%$  ( $DC = 65,09 \%$ )

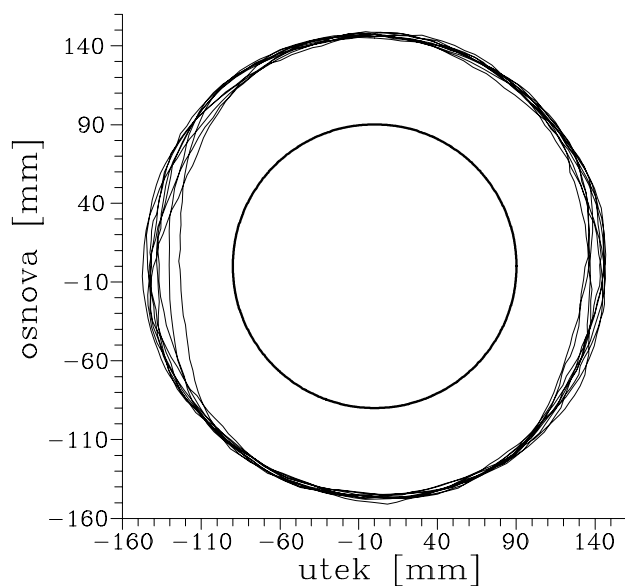
Obr. č. 15 – Průměty splývaného materiálu č. 2.



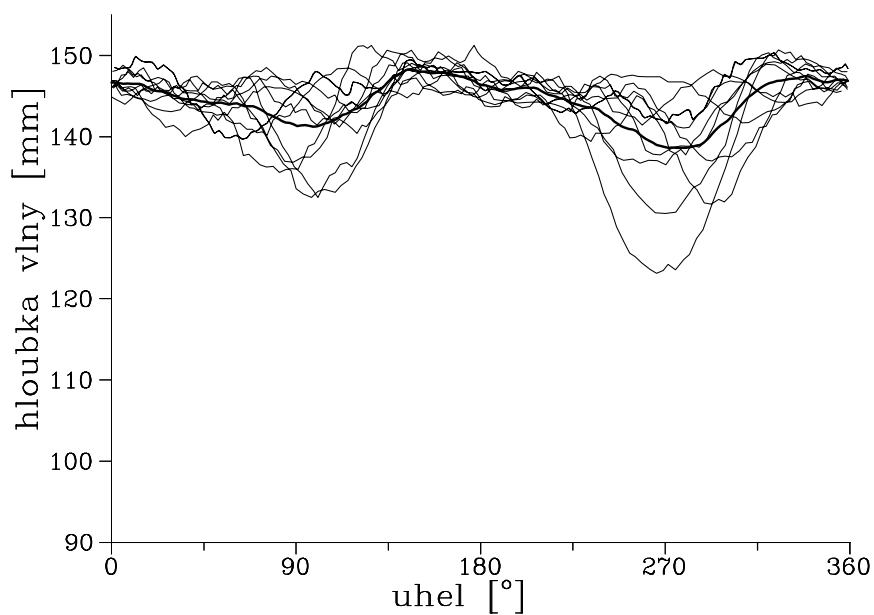
Obr. č. 17 – Rozvinuté průměty splývaného materiálu č. 2.

Tento materiál splývá podobně jako materiál č. 1, graf je tudíž také vertikálně orientovaný. Ve směru osnovy téměř nesplývá, nejvyšší splývavost je ve směru útku. Tento materiál vykazuje vyšší preferenci splývání v určitých směrech.

## Materiál č. 3

 $x = 11,57 \%$  ( $DC = 88,43 \%$ )

Obr. č. 18 – Průměty splývaného materiálu č. 3.

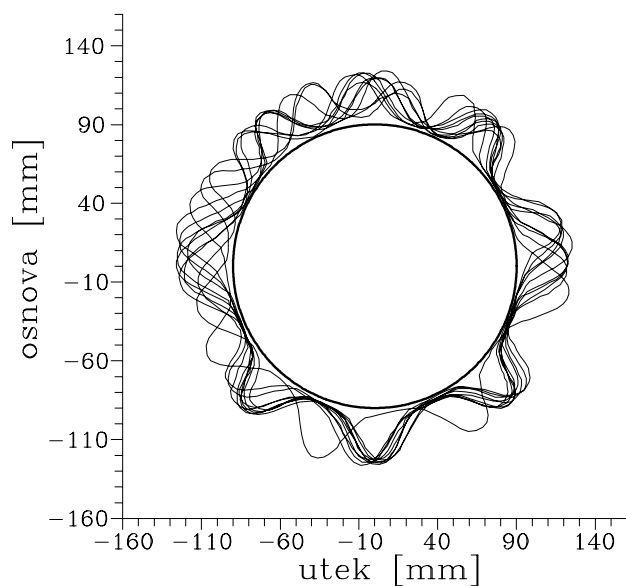


Obr. č. 19 – Rozvinuté průměty splývaného materiálu č. 3.

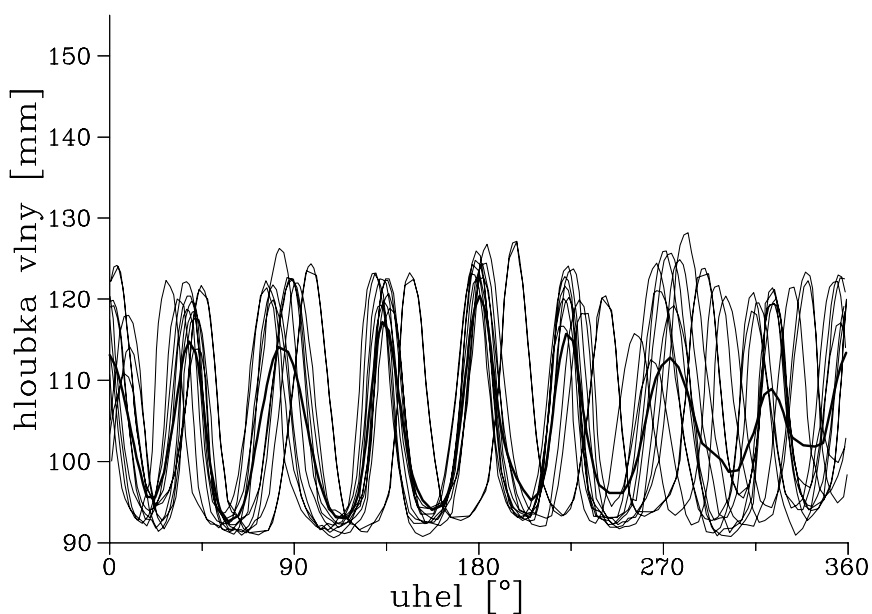
V případě tohoto materiálu jsme získali téměř kruhový graf. Splývavost ve směru útku je nepatrně vyšší.

Při porovnání těchto režných materiálů bylo zjištěno, že atlasová a keprová vazba splývají podobným způsobem, kepr jednoznačněji preferuje určité směry. Plátno nevykazuje podstatné rozdíly v žádném směru, daný vzorek téměř nesplývá.

Materiál č. 4

 $x = 80,84 \%$  ( $DC = 19,16 \%$ )

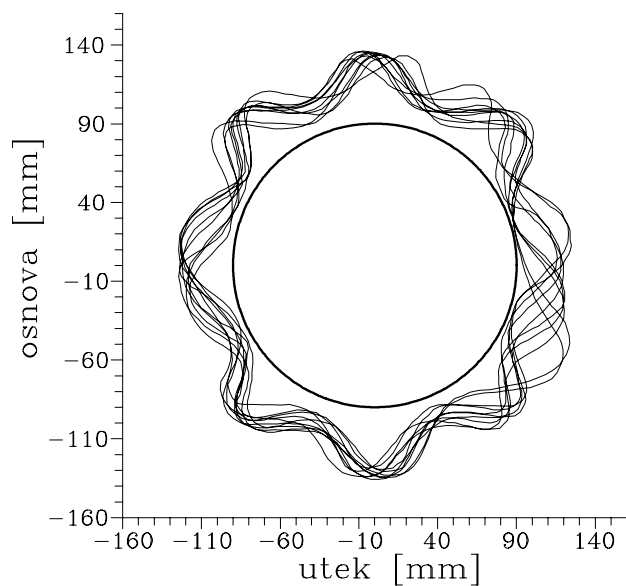
Obr. č. 20 – Průměty splývaného materiálu č. 4.



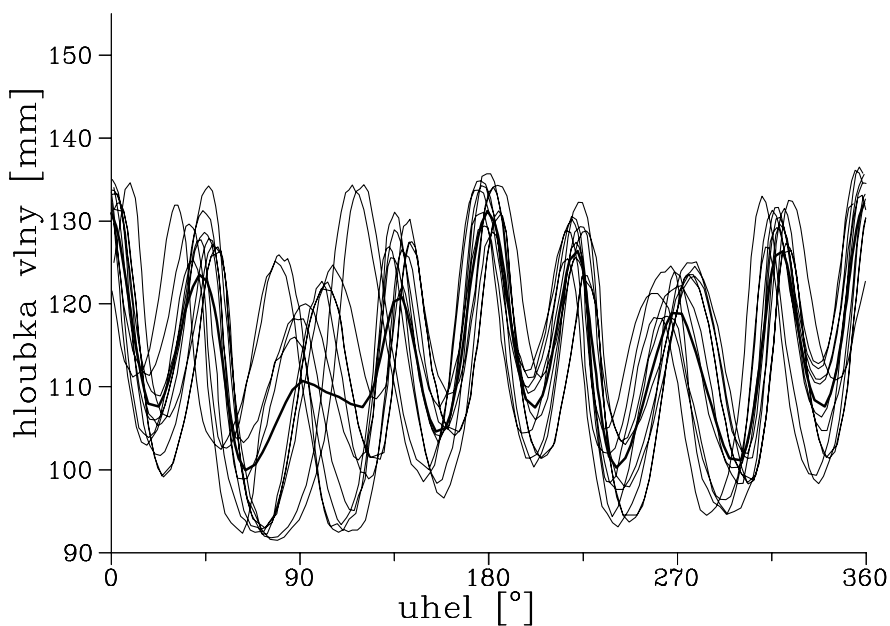
Obr. č. 21 – Průměty splývaného materiálu č. 4.

Tento materiál splývá s velkým počtem vln, jedná se o velmi poddajný materiál s vysokou splývavostí. Z grafu je patrná určitá preference směru splývání. Odchyłky některých měření mohly být způsobeny lidským faktorem. Materiál tedy má tendenci splývat ve směrech  $15^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $105^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $150^\circ$  a  $165^\circ$ . Ostatní směry tvoří maxima vln. Nejmenší splývavost je ve směru osnovy a útku.

## Materiál č. 5

 $x = 66,49\%$  ( $DC = 33,51\%$ )

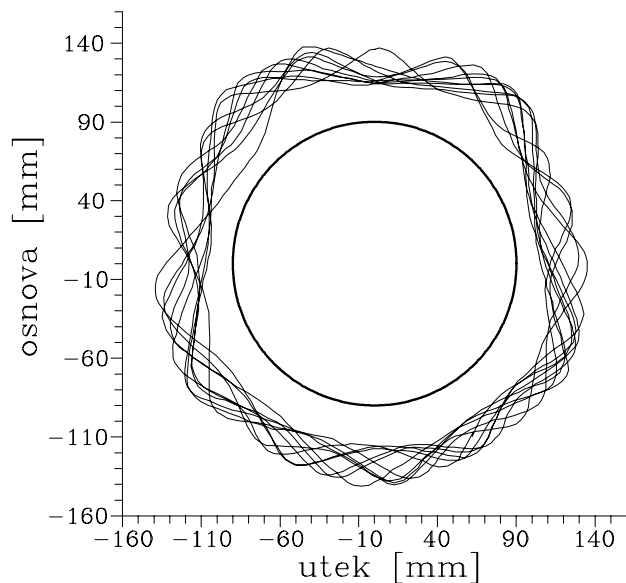
Obr. č. 22 – Průměty splývaného materiálu č. 5.



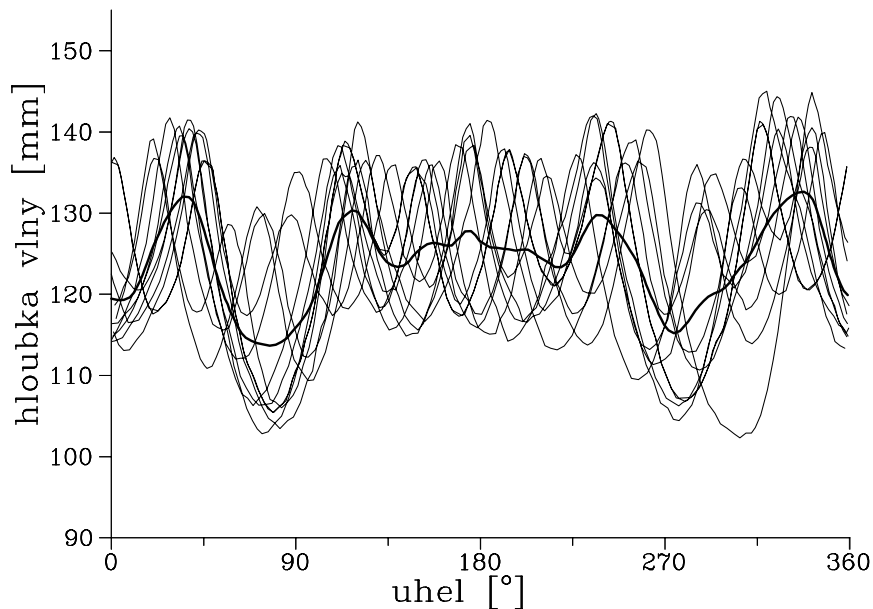
Obr. č. 23 – Rozvinuté průměty splývaného materiálu č. 5.

Tento materiál má také dobrou splývavost. Z grafu lze vyčíst preferenci splývání v určitých směrech, a to:  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $105^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $150^\circ$  a  $165^\circ$ . Materiál splývá málo ve směru osnovy,  $45^\circ$  a  $135^\circ$ . Ve směru útku je splývavost vyšší.

## Materiál č. 6

 $x = 48,97 \%$  ( $DC = 51,03 \%$ )

Obr. č. 24 – Průměty splývaného materiálu č. 6.



Obr. č. 25 – Průměty splývaného materiálu č. 6.

Tento materiál má nižší splývavost a z měření vidíme, že preferuje směry splývání méně než materiály 4 a 5. Na rozdíl od ostatních materiálů má velmi nízkou splývavost ve směru osnovy a útku.



### 5.3 Tahové vlastnosti

Tahové vlastnosti byly měřeny na přístroji Lab Test 2.050. K testování byly použity vzorky o rozměrech 50 mm x 50 mm. Důvodem bylo zachování principu geometrické podobnosti se vzorky používanými pro měření na systému KES.

Měření probíhalo za těchto podmínek:

- upínací délka 50 mm,
- rychlost zatěžování 50 mm/min,
- zastavení při poklesu síly na 50 %,
- předpětí 0 N.

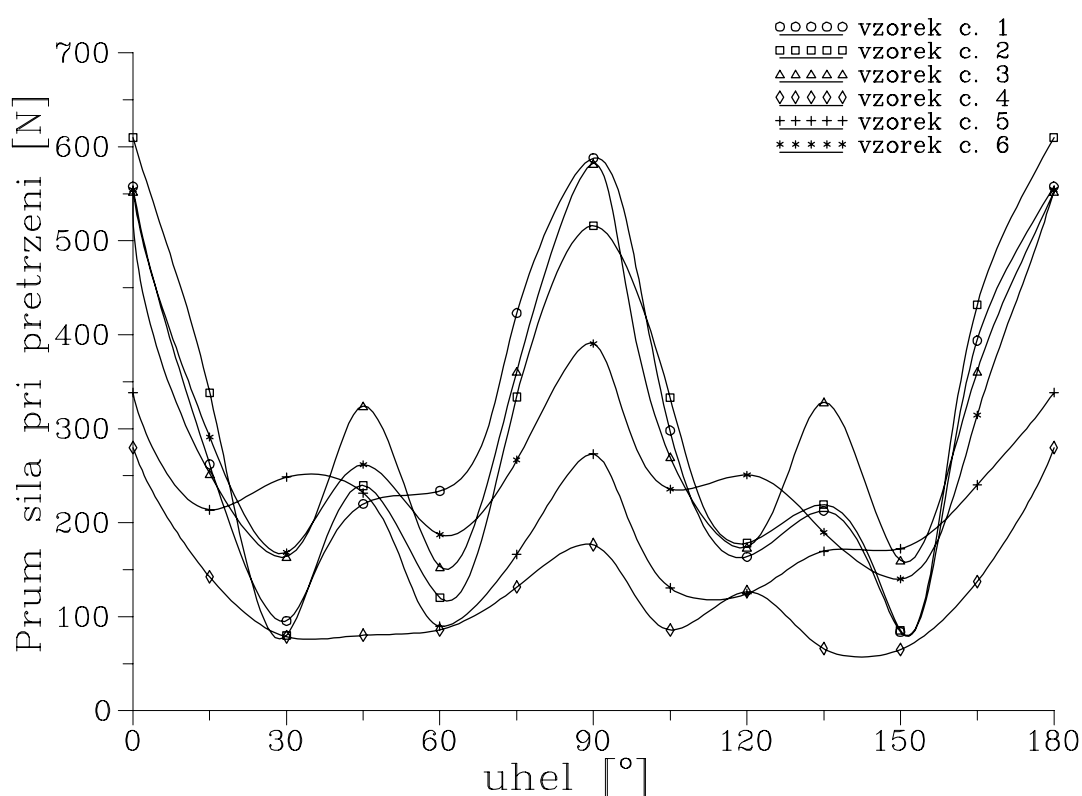
Byly vyhodnoceny tyto charakteristiky:

- síla při přetržení (pevnost) v N pro všechny směry,
- protažení v mm pro všechny směry,
- Youngovy moduly v N/m pro všechny směry,
- Tahová energie  $WT$  v  $\text{Nm/m}^{-2}$  pro všechny směry,
- $WOT$  v  $\text{Nm/m}^{-2}$  pro všechny směry,
- linearita křivky  $LT$  pro všechny směry (bezrozměrná veličina).

Tři poslední veličiny byly odvozeny z měření pomocí KES, tedy při působící síle 24,5 N. Absolutní hodnoty jsou ovšem rozdílné, protože při tomto měření nebylo uvažováno předpětí.

Youngovy moduly byly odvozeny z oblasti druhé linearity (viz příloha č. 2 a 4). Oblast první linearity nemůže být uvažována, protože při měření nebylo uděleno předpětí, proto v této oblasti dochází k narovnání vláken a přízí, nikoliv k deformaci.

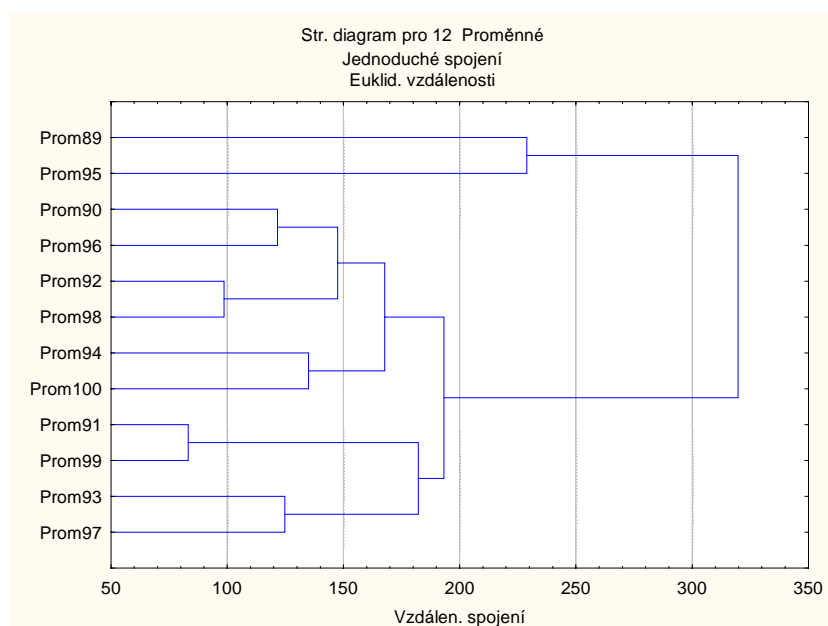
Síla při přetržení (pevnost) v [N]



Obr. č. 26 – Průměrná síla při přetržení.

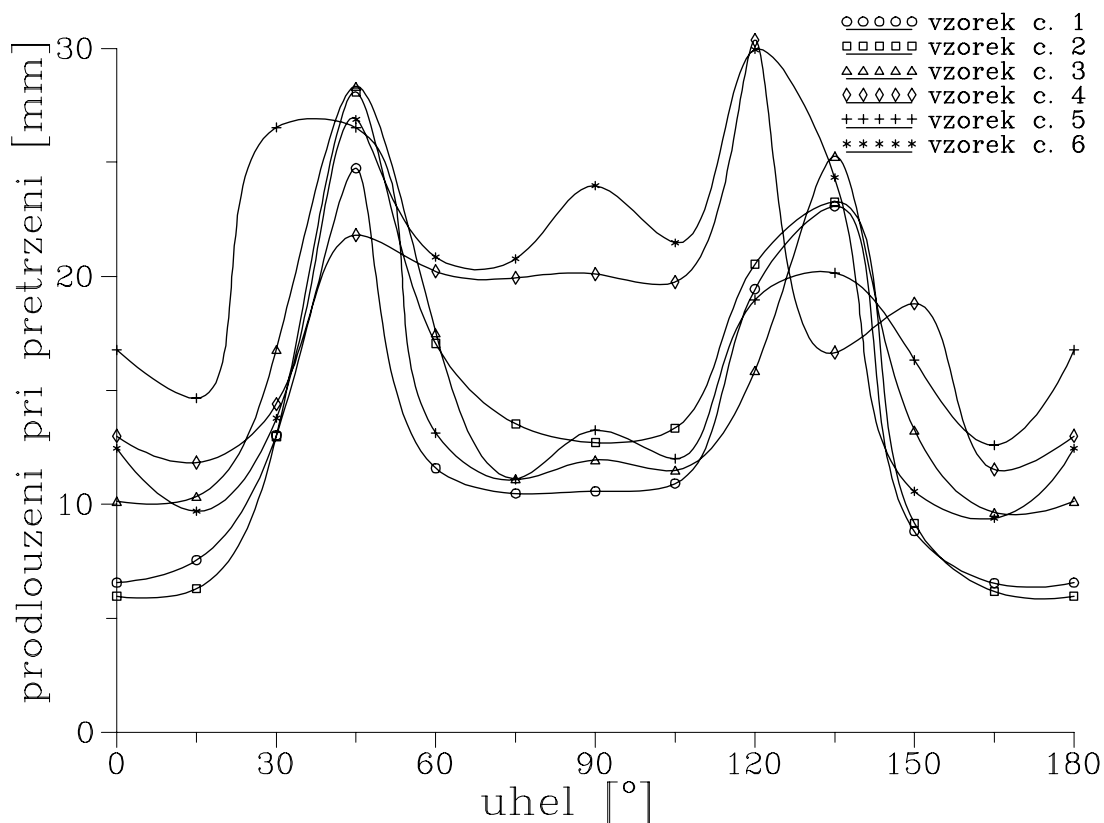
Podle grafu na obr. č. 26 vidíme, že u všech materiálů je pevnost nejvyšší ve směru osnovy a útku. Mezi těmito dvěma směry nejsou výrazné rozdíly u různých materiálů. U materiálů upravených jsou hodnoty ve směru osnovy vyšší. Lokální maxima jsou také pro úhel 45° a 135°, to platí pro materiály č. 1, 2, 3, 6. Jinak se chovají materiály 4 a 5. Materiál č. 4 má vyšší pevnost ve směru osnovy, v ostatních směrech nejsou velké rozdíly. Diagram je symetrický podle os ve směru osnovy a útku. Nejméně splývavé materiály mají vyšší hodnoty, nejvíce splývavý materiál má nižší hodnoty.

V tomto diagramu (obr. č. 27) je vidět podobnost pevnosti v jednotlivých směrech. Proměnné od 89 do 100 jsou pevnosti ve směrech 0° až 165°.



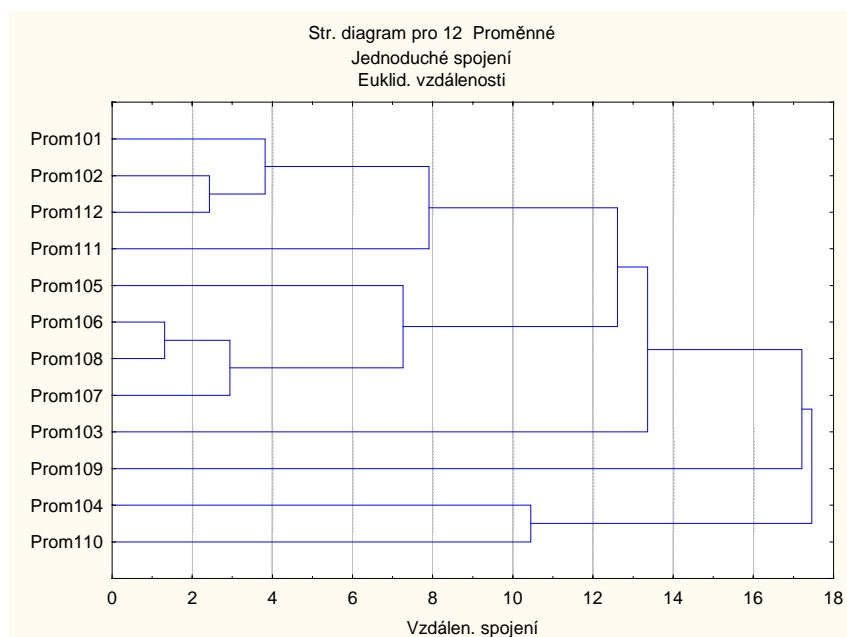
Obr. č. 27 – Shluková analýza pro průměrnou sílu při přetržení.

Protažení v [mm].



Obr. č. 28 – Protažení.

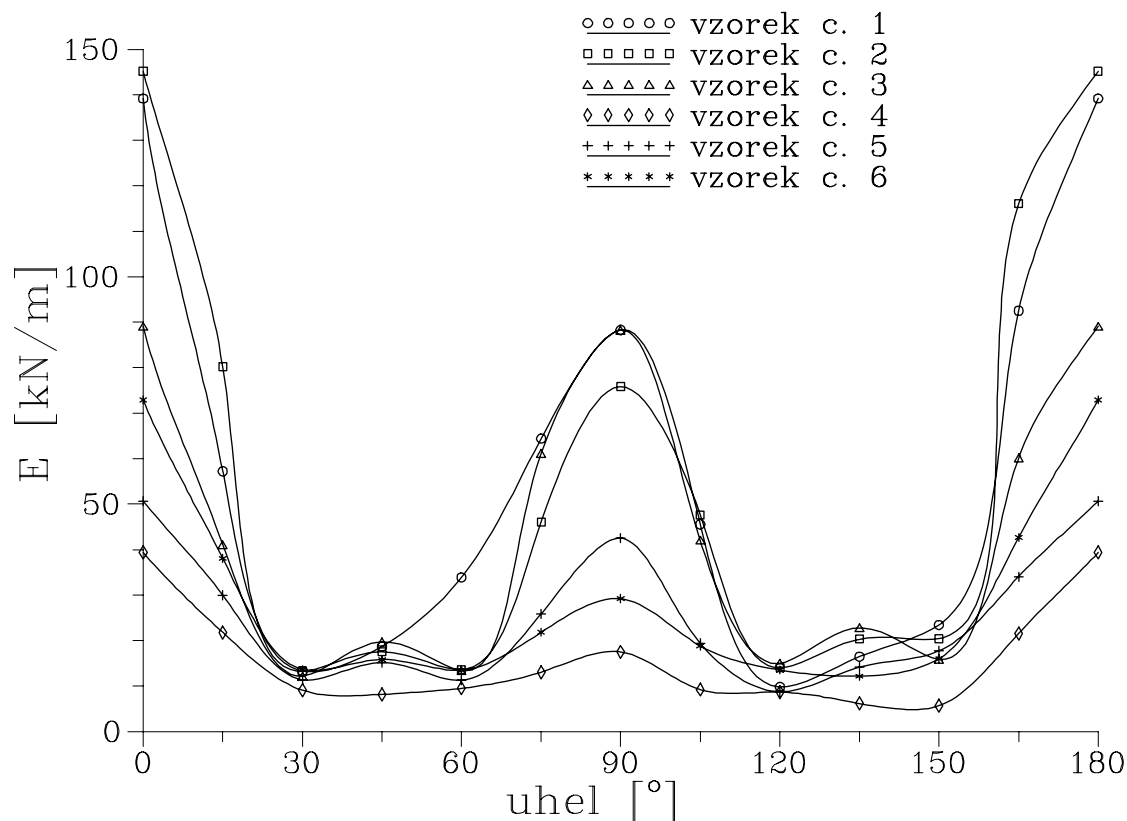
Podle grafu na obr. č. 28 vidíme, že u všech materiálů je protažení nejvyšší ve směru úhlu 45° a 120° nebo 135°. Nejnižší protažení je ve směru osnovy a útku. Diagram je symetrický podle os ve směru osnovy a útku. Splývavější materiály mají vyšší hodnoty ve směru útku.



Obr. č. 29 – Shluková analýza pro protažení.

V tomto diagramu (obr. č. 29) je vidět podobnost protažení v jednotlivých směrech. Proměnné od 101 do 112 jsou pevnosti ve směrech  $0^\circ$  až  $165^\circ$ .

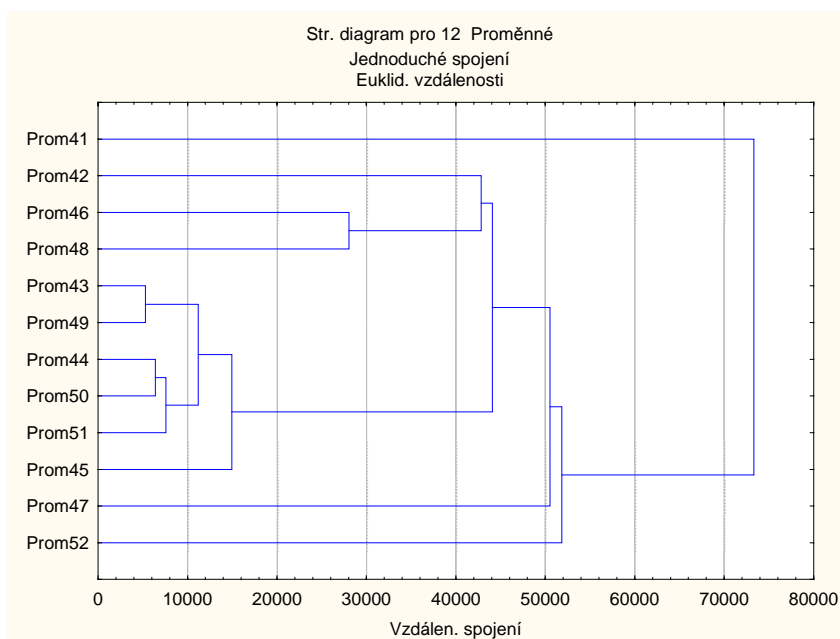
Youngovy moduly v [kN/m]



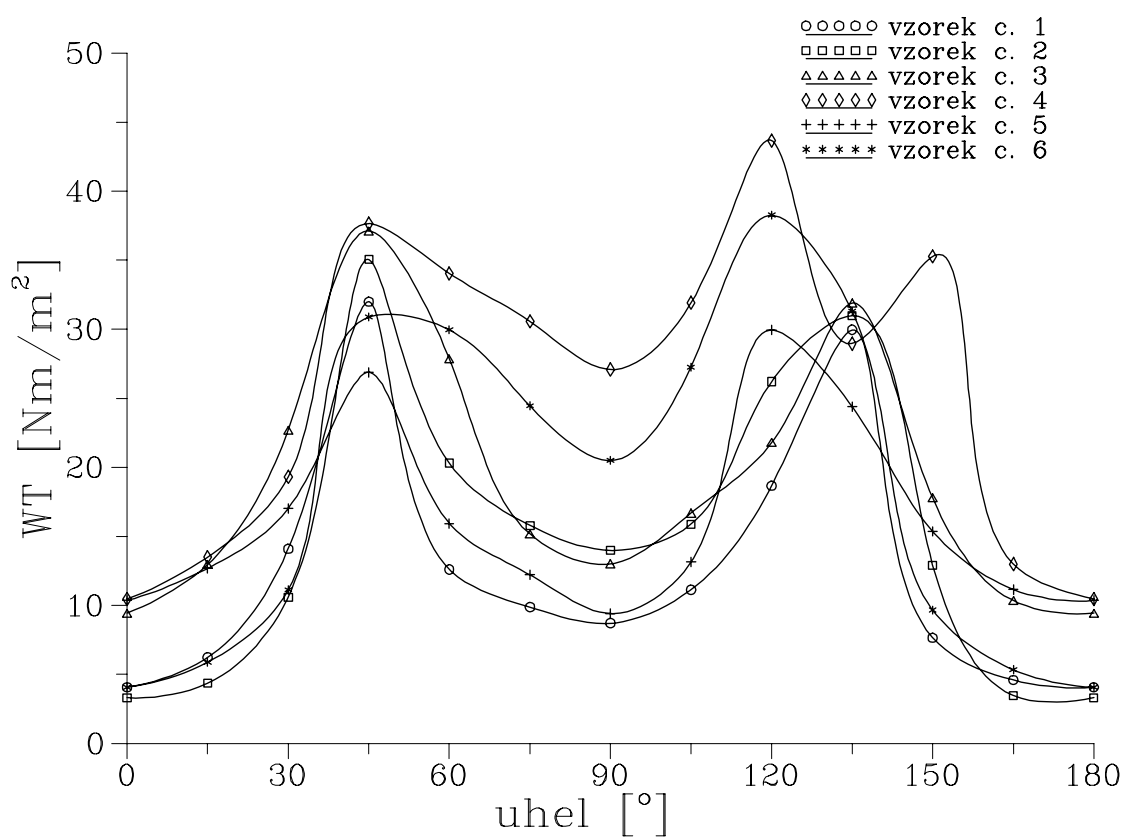
Obr. č. 30 – Youngovy moduly.

Podle grafu na obr. č. 30 vidíme, že u všech materiálů je Youngův modul nejvyšší ve směru osnovy. Ve směru útku je lokální maximum, ve směrech 30°, 60°, 135° a 150° je nejnižší. Nejvyšší hodnoty modulu ve směru osnovy mají materiály č. 2, 1 a 3. Nižší hodnoty mají materiály 4 a 6. Materiál č. 4 má Youngův modul pružnosti ve všech směrech kromě osnovy přibližně stejný.

V tomto diagramu (obr. č. 31) je vidět podobnost Youngových modulů v jednotlivých směrech. Proměnné od 41 do 52 jsou Youngovy moduly ve směrech  $0^\circ$  až  $165^\circ$ .



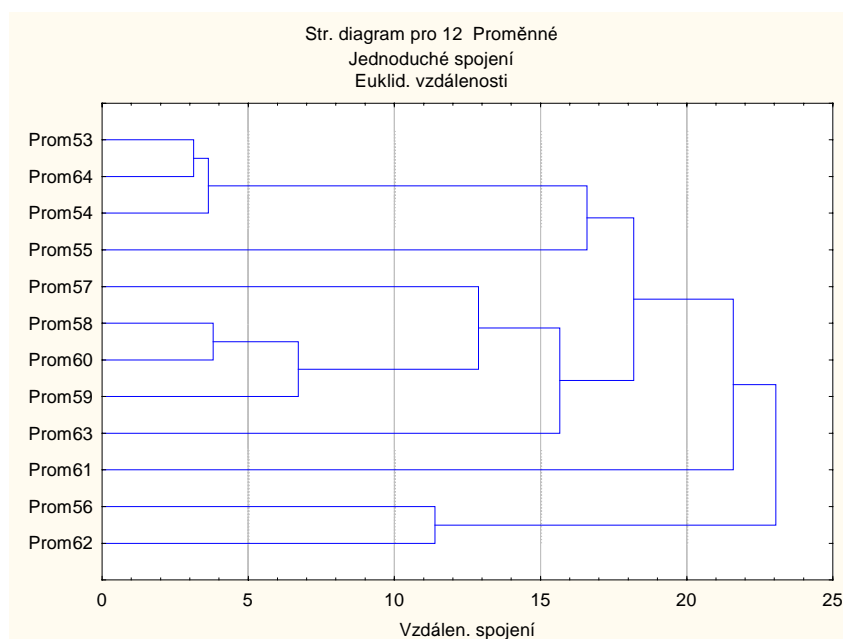
Obr. č. 31 – Shluková analýza pro Youngovy moduly.

Tahová energie  $WT$  v  $[Nm/m^2]$ 

Obr. č. 32 – Tahová energie.

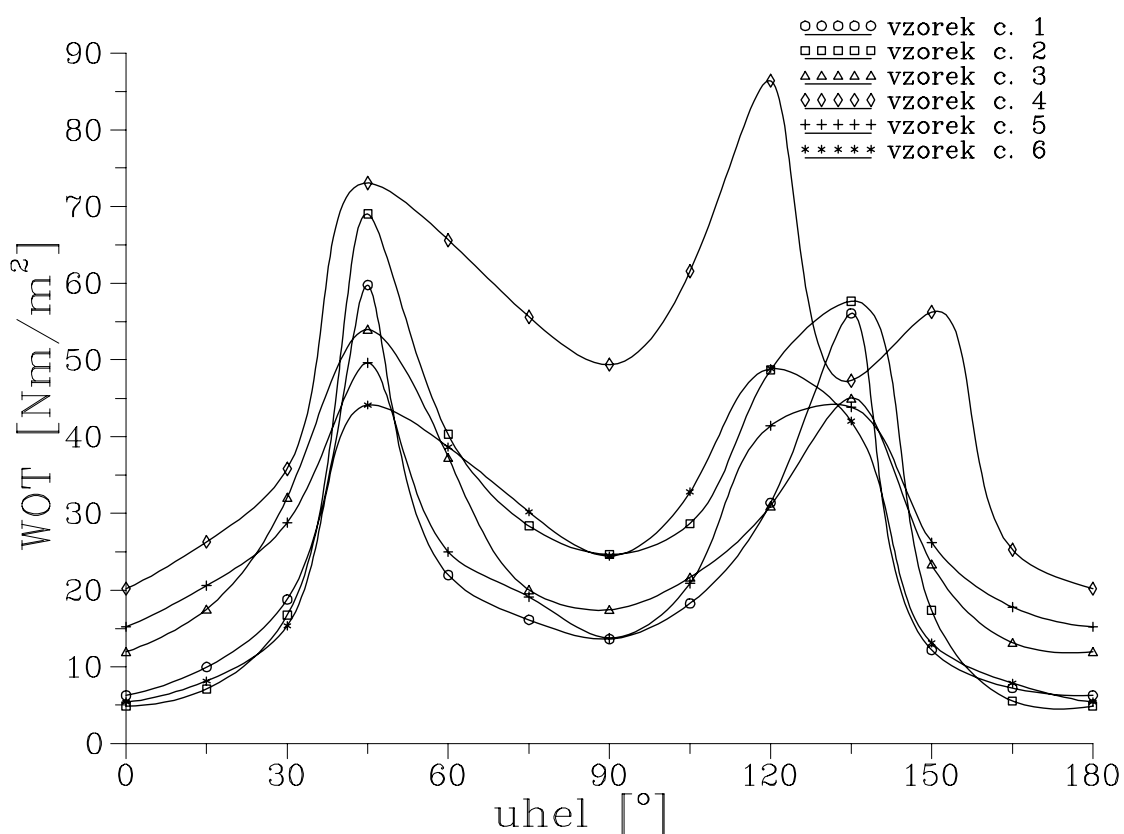
Podle grafu na obr. č. 32 vidíme, že tahová energie je pro všechny materiály nejvyšší ve směru  $45^\circ$  a  $135^\circ$ . Nejnižší je ve směru osnovy a poměrně nízká je i ve směru útku. Nejvíce splývavý materiál vykazuje nejvyšší hodnoty, u ostatních materiálů tuto souvislost zřejmě nejde uplatnit.





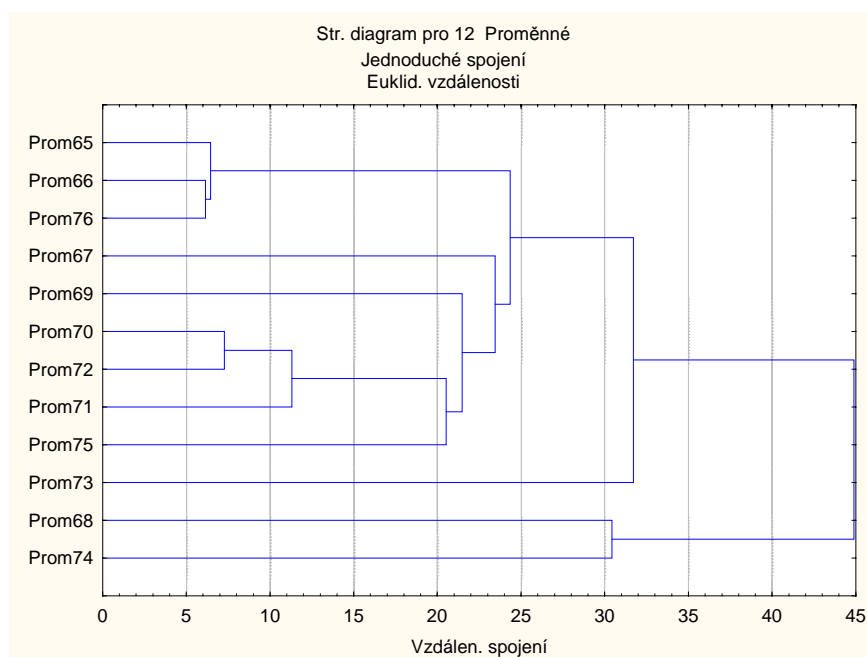
Obr. č. 33 – Shluková analýza pro tahovou energii.

V tomto diagramu (obr. č. 33) je vidět podobnost tahové energie v jednotlivých směrech. Proměnné od 53 do 64 jsou tahové energie ve směrech  $0^\circ$  až  $165^\circ$ .

WOT v  $[\text{Nm}/\text{m}^2]$ 

Obr. č. 34 – Veličina WOT.

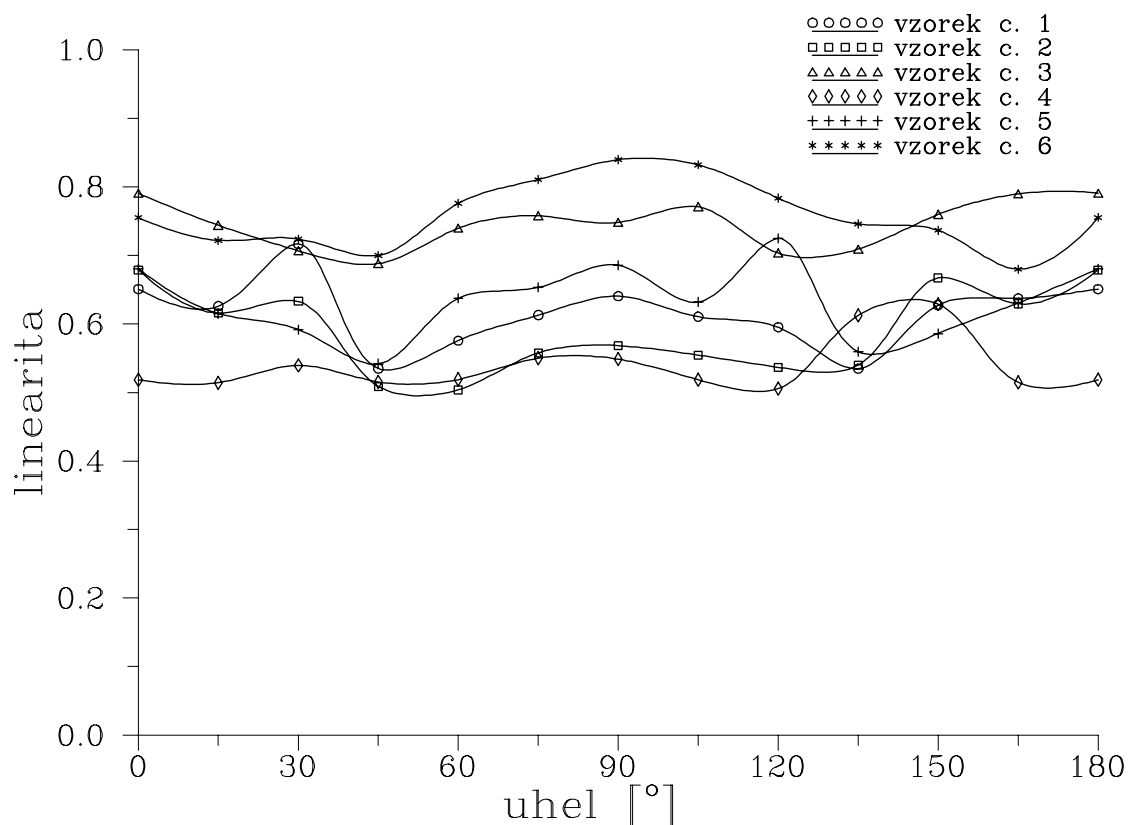
Podle grafu na obr. č. 34 vidíme, že veličina WOT je pro všechny materiály nejvyšší ve směru  $45^\circ$  a  $135^\circ$ . Nejnižší je ve směru osnovy a poměrně nízká je i ve směru útku. Nejvíce splývavý materiál vykazuje nejvyšší hodnoty, ostatní materiály mají hodnoty výrazně nižší.



Obr. č. 35 – Shluková analýza pro veličinu WOT.

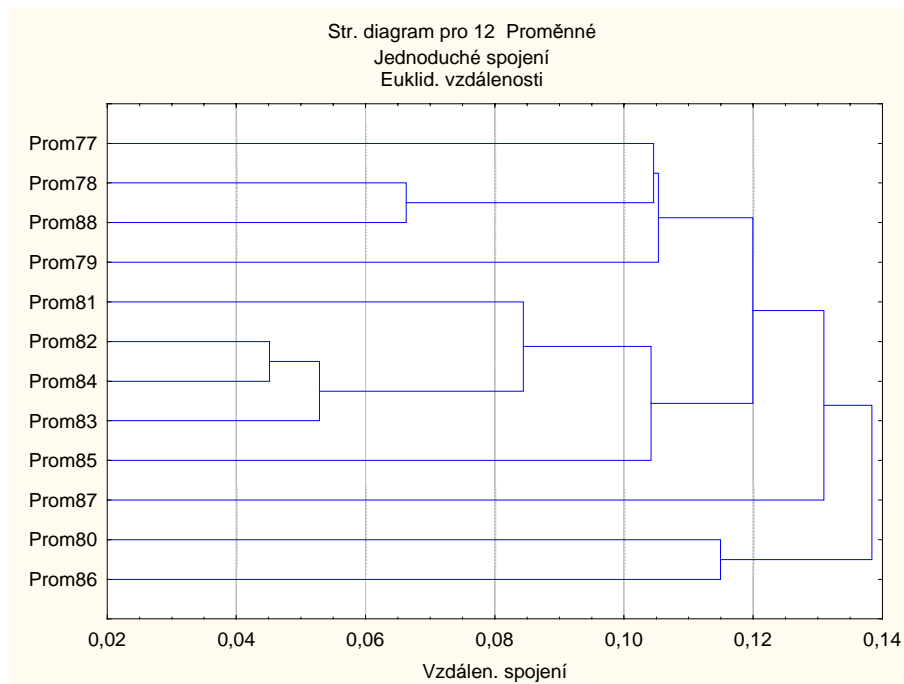
V tomto diagramu (obr. č. 35) je vidět podobnost veličiny WOT v jednotlivých směrech. Proměnné od 65 do 76 jsou veličiny WOT ve směrech  $0^\circ$  až  $165^\circ$ .

Linearita křivky *LT* (bezrozměrná veličina).



Obr. č. 36 – Linearita křivky.

Podle grafu na obr. č. 36 vidím, že linearita je nejvyšší pro materiály č. 6 a 3. Nejnižší linearita je u materiálů 4 a 2.



Obr. č. 37 – Shluková analýza pro linearitu křivky.

V tomto diagramu (obr. č. 37) je vidět podobnost linearity v jednotlivých směrech. Proměnné od 77 do 88 jsou hodnoty linearity ve směrech 0° až 165°.

## 5.4 Statistické vyhodnocení anizotropních vlastností úhlově závislých veličin založené na Fourierově analýze

Pro statistické vyhodnocení úhlově závislých veličin v pořadí

01. Zvlnění (vzdálenost okraje splývavé látky od středu stolu o průměru 150 mm) v mm,
02. Youngův modul v [N/m],
03.  $WT$  v [Nm/m<sup>2</sup>],
04.  $WOT$  v [Nm/m<sup>2</sup>],
05.  $LT$  (bezrozměrná linearita),
06. Síla při přetržení v [N],
07. Prodloužení při přetržení v [mm],
08. Ohybová tuhost v [ $\times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/m],
09. Ohybová hystereze v [ $\times 10^{-2}$  Nm/m],
10. Koeficient tření (bezrozměrná veličina),
11. Odchylka koeficientu tření (bezrozměrná veličina),
12. Odchylka geometrické drsnosti v [ $\mu$  m]

byla zvolena metoda Fourierovy analýzy, neboť všechny tyto veličiny představují periodické funkce s periodou  $2\pi$ . Jestliže  $f(\theta)$  je libovolná z těchto periodických funkcí, pak ji lze rozložit do řady ve tvaru

$$f(\theta) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\theta) + b_n \sin(n\theta)],$$

kde Fourierovy koeficienty se spočtou

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\theta) \cos(n\theta), \quad b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\theta) \sin(n\theta).$$

Speciálně pro sudou funkci (která se vyskytuje v případě textilií)  $f(-\theta) = f(\theta)$  platí

$$a_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(\theta) \cos(n\theta), \quad b_n = 0.$$

Veličiny byly naměřeny pro úhly od 0° do 165° s krokem 15°. Jejich hodnoty jsou označeny  $f(\theta_i)$  v bodech nezávisle proměnné  $\theta_i = i\pi/12, i = 0, \dots, 12$ , navíc je  $f(\pi) = f(0)$ . Zavedme pro zjednodušení  $g_n(\theta) = f(\theta) \cos(n\theta)$ . Pomocí Simpsonovy integrační formule byly numericky vypočteny Fourierovy koeficienty podle vztahu

$$a_n = \frac{1}{18} [g_n(\theta_0) + 4g_n(\theta_1) + 2g_n(\theta_2) + 4g_n(\theta_3) + \dots + g_n(\theta_{12})].$$

Bylo vybráno prvních 11 Fourierových koeficientů, z nichž  $a_0/2$  představuje střední hodnotu příslušné veličiny. Koeficienty byly seřazeny do číselného pole  $m_{ikl}$  tak, že index  $i = 1, \dots, 6$  čísluje pořadí vzorku, (druh zkoušeného materiálu),  $k = 1, \dots, 12$  čísluje 12 veličin ve výše uvedeném pořadí a  $l = 1, \dots, 11$  čísluje Fourierovy koeficienty

$c_1 = a_0 / 2$ ,  $c_l = a_{l-1}$ ,  $l = 2, \dots, 11$ . Pro výpočet tabulek korelací Fourierových koeficientů, o kterých se předpokládá, že dobře vystihnou vztahy mezi naměřenými periodickými veličinami, byly použity algoritmy založené na definici korelace dvou veličin. S využitím

$$s_{kl} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 m_{ikl}, \quad t_{kl} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 m_{ikl}^2, \quad u_{qrl} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 m_{iqrl} m_{irl}$$

jsou prvky  $cor_{qrl}$  korelací pro každý Fourierův koeficient  $c_l$

$$cor_{qrl} = \frac{u_{qrl} - s_{rl} s_{ql}}{\left[ (t_{ql} - s_{ql}^2)(t_{rl} - s_{rl}^2) \right]^{\frac{1}{2}}}.$$

Výsledky výpočtů v podobě tabulek jsou uvedeny v přílohách 5 a 6.

V příloze 5 jsou tabulky Fourierových koeficientů, v každém řádku je 11 čísel  $c_l$ ,  $l = 1, \dots, 11$ , která začínají střední hodnotou, pro 12 úhlově závislých veličin, v příloze 6 jsou pak tabulky jejich korelací. Navíc jsou spočteny střední hodnoty korelačních koeficientů pro více Fourierových koeficientů. Z nich vyplývá kumulativní náhled na anizotropní povahu sledovaných veličin. Například z korelačních koeficientů středovaných přes všech dvanáct veličin uvedených v následující tabulce lze zjistit větší korelace (korelační koeficienty převyšující zhruba hodnotu 0,5) u dvojic veličin uvedených v tabulce 3.

Tabulka č. 3 – Korelace středovaných Fourierových koeficientů 1 - 11

Veličina    Veličina č.    Veličina č.    Veličina č.

č.

	(korelace)	(korelace)	(korelace)
1	žádná		
2	6 (0,709)	9 (0,517)	11 (0,495)
3	4 (0,750)	7 (0,639)	
4	3 (0,750)	7 (0,577)	
5	žádná		
6	2 (0,709)		
7	3 (0,639)	4 (0,557)	
8	9 (0,898)		
9	2 (0,517)	8 (0,898)	
10	žádná		
11	2 (0,495)		
12	žádná		

## 5.5 Korelující veličiny

(2 s 6, 9 a 11 - Youngův modul s pevností, ohybovou hysterezí a odchylkou tření), (3 s 4 a 7 -  $WT$  s  $WOT$  a prodloužení při přetržení) a (8 a 9 - ohybovou tuhostí a ohybovou hysterezí, zatímco veličiny 1, 5, 10 a 12 (zvlnění, linearita, koeficient tření a odchylka geometrické drsnosti) v podstatě nekorelují s žádnou veličinou jinou veličinou ani mezi sebou.

Protože vzhledem k poměrně nízkému počtu úhlově závislých měření budou Fourierovy koeficienty vyššího indexu pravděpodobně zatíženy větší chybou než stejné koeficienty nižšího indexu a navíc se zřejmě na proložení měřených veličin podílejí nižší mírou, je vhodné sledovat korelační koeficienty středované přes prvních pět dominujících koeficientů, včetně prvního korespondujícího se střední hodnotou veličin. Odtud lze zjistit větší korelace mezi těmito veličinami: (1 s 2, 6 a 9 - zvlnění s Youngovým modulem, pevností a ohybovou hysterezí), (2 navíc s 6, 8, 9 a 11 - Youngův modul kromě se zvlněním také s pevností, ohybovou tuhostí, ohybovou hysterezí a také odchylkou koeficientu tření) atd. Veličiny 5 a 12, to je linearita a odchylka geometrické drsnosti, v podstatě s ostatními veličinami nekorelují.

Tabulka č. 4 – Korelace středovaných Fourierových koeficientů 1 - 5

Veličina č.	Veličina č.	Veličina č.	Veličina č.	Veličina č.	Veličina č.
	(korelace)	(korelace)	(korelace)	(korelace)	(korelace)
1	2 (0,830)	6 (0,599)	9 (0,667)		
2	1 (0,860)	6 (0,725)	8 (0,530)	9 (0,721)	11 (0,568)
3	4 (0,882)	7 (0,504)			
4	3 (0,882)	7 (0,463)			
5	žádná				
6	1 (0,599)	2 (0,725)	9 (0,502)		
7	3 (0,504)	4 (0,463)			
8	2 (0,530)	9 (0,891)			
9	1 (0,667)	2 (0,721)	6 (0,502)	8 (0,891)	
10	11 (0,468)				
11	1 (0,568)	10 (0,468)			
12	žádná				

Podobný výsledek korelace poskytuje výpočet středních hodnot korelačních koeficientů, z něhož je oproti předchozímu případu vynechán první Fourierův koeficient odpovídající střední hodnotě veličin. Tento výsledek popisuje vztahy mezi veličinami, které se podílejí na anizotropních vlastnostech sledovaných vzorků.

Tabulka č. 5 – Korelace středovaných Fourierových koeficientů 2 - 5

Veličina č.	Veličina č.	Veličina č.	Veličina č.	Veličina č.	Veličina č.
	(korelace)	(korelace)	(korelace)	(korelace)	(korelace)
1	2 (0,826)	6 (0,510)	9 (0,620)	11 (0,730)	
2	1 (0,826)	6 (0,691)	7 (0,483)	9 (0,663)	11 (0,530)
3	4 (0,888)	7 (0,453)			
4	2 (0,472)	3 (0,888)	7 (0,475)		
5	žádná				
6	1 (0,510)	2 (0,691)			
7	2 (0,483)	4 (0,475)			
8	9 (0,874)				
9	1 (0,620)	2 (0,663)	8 (0,874)		
10	žádná				
11	1 (0,730)	2 (0,530)			
12	žádná				

Opět se ukazuje, že linearita a odchylka geometrické drsnosti v podstatě s ostatními veličinami nekorelují, zatímco lze vidět výraznou korelaci mezi zvlněním a Youngovým modulem, případně mezi zvlněním a pevností a ohybovou hysterezí. Překvapující je, že korelace mezi zvlněním a ohybovou tuhostí je méně výrazná, než by se dalo čekat.

## 5.6 Optimalizace strukturních parametrů

Pro určení tendencí závislostí strukturálních parametrů mezi sebou byly zvoleny střední hodnoty veličin všech šesti vzorků, hodnoty jsou vyneseny v následující tabulce.

Tabulka č. 6 – Střední hodnoty veličin

vzorek číslo	splývavost [%]	zvlnění [mm]	E [N/m]	WT [N/m <sup>2</sup> ]	WOT [N/m <sup>2</sup> ]	LT	pevnost [N]	prodloužení [mm]	tuhost [10 <sup>-4</sup> Nm <sup>2</sup> /m]
1	31,19	133,34	49861	14,076	24,380	0,607	296,529	13,143	0,260
2	34,91	134,11	52105	16,579	30,288	0,578	298,714	14,431	0,213
3	11,57	144,31	40424	20,050	27,548	0,743	309,704	15,437	0,173
4	80,84	103,68	13861	26,720	49,539	0,539	116,414	17,769	0,019
5	66,49	113,18	23292	16,609	27,438	0,620	197,043	16,609	0,134
6	48,97	123,98	25404	20,209	26,441	0,755	267,065	18,701	0,057
vzorek číslo	splývavost [%]	hystereze [10 <sup>-2</sup> Nm/m]	koef. tření	odch. tření	odch. drsnosti [□m]	hustota [kg/m <sup>2</sup> ]	tloušťka [mm]	dost osnova [1/cm]	dost útek [1/cm]
1	31,19	0,257	0,157	0,017	5,286	0,144	0,982	21,20	21,20
2	34,91	0,225	0,184	0,025	4,237	0,143	1,010	21,20	21,20
3	11,57	0,227	0,149	0,022	4,282	0,150	0,714	21,20	21,20
4	80,84	0,012	0,168	0,016	3,323	0,129	0,513	29,00	36,00
5	66,49	0,089	0,148	0,012	2,555	0,118	0,390	42,00	24,00
6	48,97	0,041	0,118	0,012	1,589	0,111	0,320	45,00	20,00



Optimální nastavení strukturních parametrů a mechanických vlastností lze provést pomocí grafického znázornění především těch veličin, u nichž se očekávají významnější korelace, pro tento účel byly zvoleny grafy závislosti splývavosti a ohybové tuhosti na ostatních parametrech, viz. příloha č. 7.

Z tabulky i z grafického vyjádření lze usoudit, že se projevují následující tendence: Je samozřejmé, že při klesající závislosti mezi splývavostí a středním zvlněním se splývavost zmenšuje, i když méně jednoznačně, rovněž s rostoucím Youngovým modulem, pevností, ohybovou tuhostí, hysterezí, plošnou hmotností a tloušťkou tkanin. Vliv dostavy osnovy a dostavy útku nelze z dat spolehlivě určit. Vliv dostavy nelze určit, neboť splývavost je při stejné dostavě ovlivněna také přízí, a to jemností, typem a zákrutem. Příze v této práci zkoumány nebyly, proto nemá smysl uvažovat o vlivu dostavy na deformaci způsobenou vlastní tíží. Co se týká optimalizace dalších veličin, to je WT, WOT, LT, koeficientu tření, odchylky koeficientu tření a odchylky geometrické drsnosti, není rovněž možné ze zjištěných dat rozhodnout o velikosti jejich podílu na splývavost. Při stejné dostavě má plátňová vazba nejnížší splývavost, nejvyšší má vazba atlasová, vazba keprová se splývavostí blíží vazbě atlasové.

Ohybová tuhost souvisí s Youngovým modulem  $E$  (ohybová tuhost se s rostoucím  $E$  zvětšuje), WT (větší ohybové tuhosti odpovídá menší WT), má-li materiál menší ohybovou tuhost, snadněji se protahuje, mezi ohybovou tuhostí a ohybovou hysterezí platí tendence přímé úměry, podobná je tendence mezi ohybovou tuhostí a tloušťkou materiálu.

## 6. Závěr

Tato diplomová práce se zabývá vlivem strukturních parametrů tkanin a směrové závislosti jejich mechanických vlastností na deformaci způsobenou vlastní tíží. Byl proveden literární průzkum směřující ke zjištění vlastností, které ovlivňují splývavost a tuhost v ohybu, byly charakterizovány tyto vlastnosti. V experimentální části byly proměřeny vybrané vlastnosti ve zvolených směrech a provedeno statistické vyhodnocení.

V první části byla popsána deformace způsobená vlastní tíží, která zahrnuje splývavost a tuhost v ohybu. Byla definována splývavost a tuhost v ohybu a popsány metody jejich měření, aby bylo možné zvolit optimální metodu pro experiment. Práce se věnuje novým metodám pro popis splývavého chování textilií, což je využití obrazové analýzy a metody simulace splývavosti.

Druhá část se věnuje mechanickým vlastnostem, které mají vliv na splývavost. Jsou popsány deformační vlastnosti, a to deformace v tahu, smyková deformace a modul pružnosti textilií. Protože byl pro experimentální měření zvolen systém KES, zabývá se tato práce přístroji tohoto systému a veličinami, které KES měří. Pomocí přístrojů KES lze zjistit tahové, smykové, ohybové, tlakové, povrchové a strukturní vlastnosti. Jsou popsány jednotky a vztahy mezi veličinami.

Třetí část této práce se zabývá strukturními parametry tkanin. Byly vybrány strukturní parametry, o kterých se předpokládá, že mají vliv na splývavost. Byla definována tloušťka tkaniny a plošná měrná hmotnost a popsán způsob jejich měření. Byla popsána dostava a vazba a způsob jejich zjišťování. Dále se tato část věnuje anizotropii textilií.

Čtvrtá část se zabývá souvislostí splývavosti a jiných vlastností textilií v různých směrech. Byly představeny poznatky výzkumníků, kteří se této oblasti věnovali a byly uvedeny metody pro vyhodnocení naměřených vlastností a dosažené výsledky.

Pro experiment (pátá část) bylo zvoleno šest materiálů, na kterých byly proměřeny vlastnosti, o kterých předpokládáme, že mají vliv na deformaci způsobenou vlastní tíží. Vzorky sledované v této práci byly velmi různorodé a bylo jich relativně malé množství. Byly vybrány tři rezné materiály se shodnou dostavou v osnově a útku a s rozdílnou vazbou a tři upravené materiály se shodnou vazbou a odlišnými ostatními parametry. Pro detailní výzkum by bylo třeba sledovat podstatně větší množství vzorků. Zejména by bylo vhodné vybrat soubor materiálů, u kterých se mění vždy jen jeden parametr. Tak by bylo možné jednoznačně určit, jak měnící se parametr ovlivňuje

splývavost. Přesto však byla tato měření cenná a poukazují na vliv určitých vlastností a na trend, který by měla splývavost mít při jejich zvýšení nebo snížení.

Výsledky byly graficky zpracovány a byla provedena shluková analýza pro zjištění podobnosti vlastností v jednotlivých směrech. Pro optimalizaci strukturních anizotropních vlastností tkanin byla navržena metoda rozkladu směrově závislých veličin do Fourierovy řady a jejich hodnocení pomocí korelace mezi Fourierovými koeficienty. Tato metoda tak představuje rozšíření Cooperovy metody, která se omezuje na využití pouze prvních dvou sudých harmonických. K určení trendu byly použity grafy závislostí.

Oběma metodami bylo zjištěno, že splývavost ovlivňuje Youngův modul, pevnost (síla při přetržení) a ohybová hystereze. Splývavost dále ovlivňuje odchylka koeficientu tření a střední zvlnění, což vyplynulo z jedné z metod. Ze strukturních parametrů měla velký vliv vazba. Překvapující je, že korelace mezi splývavostí a ohybovou tuhostí je malá. Experiment nepotvrdil významný vliv plošné hmotnosti, dostavy a tloušťky na splývavost, přestože jsou v literatuře tyto vlastnosti často uváděny.

Bylo zjištěno, že tuhost v ohybu je ovlivněna Youngovým modulem a ohybovou hysterezí. Grafická metoda ukázala také na souvislost tahové energie, geometrické drsnosti, prodloužení, ohybové hystereze, plošné hmotnosti a tloušťky. Na tuhost v ohybu nemá vliv koeficient tření a pevnost.

Pro další zkoumání bych navrhla proměření většího množství materiálů a vyhodnocení podobným způsobem, aby bylo možné dosáhnout jednoznačného výsledku. Dále bych doporučila zahrnout vliv materiálového složení a vlastností přízí použitých v tkanině, neboť tyto parametry nepochybně mají na deformaci vlastní tíží vliv.

## 7. Literatura

- [1] Ballard, D. H., Brown, C. M.: Computer Vision, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 1982.
- [2] Bhat, K.S., Twigg, C. D., Hodgins, J. K., Khosla, P. K., Popovič, Z., Seitz, S. M. Eurographics/Siggraph Symposium on Computer Animation, 2003.
- [3] Breen, D. E., House, D. H., Wozny, M. J.: A particle-based model for simulating the draping behavior of woven cloth. *Textile Research Journal*, 64(11):663–685, November 1994.
- [4] Breen, D. E., House, D. H., Wozny, M. J.: Predicting the drape of woven cloth using interacting particles. In *Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 94)*, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, pages 365–372, Orlando (Florida), July 1994.
- [5] Chu, C. C., Platt, M. M., Hamburger, W. J.: *Textile Research Journal*, 30, 66.
- [6] Cusick, G. E.: *Journal of the Textile Institute – The measurement of fabric drape*. June 1968, vol 59, No. 6.
- [7] Cusick, G. E.: *Journal of the Textile Institute – The dependence of fabric drape on bending and shear stiffness*, 1965, Vol 56.
- [8] Drozdová, I.: Vliv struktury tkaniny na vybrané užité vlastnosti, DP TUL, 2005.
- [9] Fan, J., Yu, W., Hunter, L.: *Clothing appearance and fit: Science and Technology*, Woodhead Publishing, Cambridge 2004.
- [10] Fische, P., Krziwinski, S., Rödel, H., Schenk, A.: Links Between Cloth Design, Pattern Development and Fabric Behaviour. *Proceeding of the 27<sup>th</sup> Textile research symposium at Mt. Fuji*. Shizuoka, Japan 1998, p. 263 (jako 12).
- [11] Glombíková, V., Halasová, A.: Drape prediction from mechanical properties of woven fabrics by means of regression analysis and neural networks, *Strutex*, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2004.
- [12] Gluščíková, G.: DP 2004, TUL, Mechanické charakteristiky polypropylénových textilií pre technickú konfekciu s využitím dynamometru, zariadení KAWABATA a akustickej emisie.
- [13] Hanus, M.: Návrh zařízení na měření splývavosti plošných textilií, DP VŠST Liberec 1984.
- [14] Harris, J.: *5000 Years of Textiles*, British Museum Press, London 1999.
- [15] Hearle, J. W. S., Grosberg, P., Backer, S.: *Structural mechanics of fibres, yarns, and fabrics – Shear and drape of fabrics*. Interscience, New York, London 1969.
- [16] Hlavatý, F., Jakubec, J.: *Vazby a rozborů tkanin*, SPN, Praha 1964.
- [17] Horák, Z., Krupka, F.: *Fyzika, Příručka pro fakulty strojního inženýrství*, SNTL, Praha 1966.
- [18] House, D. H., Breen, D. E.: *Cloth Modeling and Animation*. A K Peters, 2000.

- [19] Hu, J.: Structure and Mechanics of Woven Fabrics, Woodhead publishing, Cambridge 2004.
- [20] Hypšová, D.: Hodnocení splývavosti pomocí obrazové analýzy LUCIA, BP TUL, 2001.
- [21] Jeong, Y.J., Phillips, D., G.: Journal of the Textile Institute – A study of fabric drape behaviour with image analysis, 1998, 89p, part 1, No1.
- [22] Jurková, H.: Zjišťování splývavosti textilního materiálu, BP TUL, 2005.
- [23] Kawabata, S.: The standardization and analysis of hand evaluation, second edition, Osaka, Japan 1980.
- [24] Kemp, A.: An extension of Peirce's cloth geometry to the treatment of non-circular threads, 49(1): 44–48, January 1958.
- [25] Kořínková, E.: Studie zpracovatelnosti materiálů s vysokou splývavostí pro dámské společenské oděvy, DP TUL 1998.
- [26] Kovačič, V.: Textilní zkušebnictví, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2004.
- [27] Kovář, R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií, TUL, 2003.
- [28] Křišťanová, J.: Chování tkaniny při obecném biaxiálním namáhání, DP TUL 2004.
- [29] Kukin, T. N., Solovjev, A. N.: Tekstil'noje materialovedenie, část 3, Moskva 1967.
- [30] Kůs, Z., Glombíková, V.: Vplyv anizotropie na splývavosť plošných textílií, Strutex, 7. Národní konference TU v Liberci, listopad 2000, p. 257 – 263.
- [31] Lahey, T. J.: Modelling Hysteresis in the Bending of Fabrics, Thesis, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada 2002.
- [32] Lo, W. M., Hu, J. L.: Shear properties of woven fabrics in various directions, Textile Research Journal, May 2002.
- [33] Lo, W. M., Hu, J. L., Li, L. K.: Modeling a fabric drape profile Textile Research Journal, May 2002.
- [34] Mäkinen, M., Meinander, H., Luible, C., Magnenat – Thalmann, N.: Influence of physical parameters on fabric hand.
- [35] Martincová, J.: Hodnocení splývavosti pomocí obrazové analýzy, DP TUL 2000.
- [36] Matsudaira, M., Zhang, R.: The Effect of Mechanical Properties of Fabric the Static Silhouette of Flared Skirt, Proceeding of the 27<sup>th</sup> textile research.
- [37] Mizutani, Chiyomi, Amano, Toshihiko, Sakaguchi, Yoshiyuki: A New Apparatus for the Study of Fabric Drape, Textile Research Journal.
- [38] Morino, Hitomi, Matsudaira, Mitsuo, Furutani, Minoru: Predicting Mechanical Properties and Hand Values from the Parameters of Weave Structures, Textile Research Journal, Mar 2005.
- [39] Neckář, B.: Příze, SNTL Praha, 1990.
- [40] Nosek, S.: Struktura a geometrie tkanin, výzkumný ústav bavlnářský, Ústí nad orlicí, 1974.
- [41] Ngoc, C. N., Bruniaux, P., Castelain, J. M.: Modelling friction for yarn/fabric simulation application to bending hysteresis, Lectra systems.

- [42] Ngoc, C. N., Boivin, S.: Nonlinear Cloth Simulation, Parc Club Orsay Université, 2004, Orsay, Francie.
- [43] Nováková, J., Vyšanská, M.: Zpracování obrazu v prostředí Lucia, Obrazová analýza v textilu, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2004.
- [44] Panáková, L.: Vzájemné vztahy mezi fyzikálně-mechanickými vlastnostmi, primárním a celkovým omakem hodnoceným pomocí systému KES, DP TUL 2005.
- [45] Peirce, F. T.: The handle of cloth as measurable quantity. 21:377–416, May 1930
- [46] Pin-Ning Wang, Graduate Institute of Textile Engineering, Master's Thesis, Feng Chia University, 2002.
- [47] Postle, J. R., Postle, R.: Depicting the drape, Textile Asia, October 1995, p. 29 – 31.
- [48] Ranganathan, T. S., Ramaswamy, D., Jayaraman, K. S. , Sanjeevi, R., Arumagan, V, Das, S., Vaidyanathan, A.: Journal of the textile institute – A new approach to drape, 1986, No 3.
- [49] Rynešová, I.: Vliv struktury tkaniny na vybrané mechanické vlastnosti, DP TUL 2005.
- [50] Sidabraitė, V., Masteikaite, V.: Effect of Woven Fabric Anisotropy on Drape Behaviour, Materials Science, Vol. 9, No. 1, 2003, p. 111 – 114.
- [51] Sodomka, L.: Struktura, vlastnosti, diagnostika a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2002.
- [52] Sodomka, L.: Fyzika (pevných) kondenzovaných látek, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2002.
- [53] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech, TUL 1980.
- [54] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech, díl 1, část 4, Vlastnosti délkových a plošných textilií, Liberec 1988.
- [55] Stylios, G. K., Zhu, R.: The Characterisation of the Static and Dynamic Drape of Fabrics, Journal of Textile Institute, 1997, 88 Part 1, No. 4, p. 465 – 474.
- [56] Tomešová, M.: Alternativní metoda hodnocení splývavosti, DP TUL 2001.
- [57] Vítová, J.: Simulace ohybové tuhosti plošných textilií s využitím FEM, DP TUL, 2004.
- [58] Yu, W. R., Kang, T. J., Chung, K.: Journal of the Textile Institute, 91, Part1, No.2 2000.
- [59] Zbořilová, J, Kovář, R.: Uniaxial Woven Fabric Deformation, Strutex, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2004.
- [60] ČSN EN ISO 5084. Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků 1998.
- [61] ČSN 80 0835. Zkoušení splývavosti plošných textilií průmětem, 1971.
- [62] ČSN 80 0858. Zkoušení tuhosti a pružnosti plošných textilií, 1974.
- [63] ČSN 80 0840. Plošné textilie. Stanovení protažení, 1989.
- [64] ČSN EN ISO 13935-1. Odběr vzorků.

- [65] ČSN EN ISO 5084. Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků 1998.
- [66] [www.haptex.miralab.unitex.ch](http://www.haptex.miralab.unitex.ch)
- [67] [www.gris.uni-tuebingen.de/projects/physsim/index.html](http://www.gris.uni-tuebingen.de/projects/physsim/index.html).

## 8. Soupis obrázků

- Obr. č. 1 – Splývající textilie.  
Obr. č. 2 – Průběh mechanické deformace.  
Obr. č. 3: Přístroj KES pro měření tahových a smykových vlastností.  
Obr. č. 4: Přístroj KES pro měření ohybových vlastností.  
Obr. č. 5: Přístroj KES pro měření tlakových vlastností.  
Obr. č. 6: Přístroj KES pro měření povrchových vlastností.  
Obr. č. 7 – Průmět splývaného vzorku.  
Obr. č. 8 – 10 – Polární diagramy pro materiály A, B (8), C (9) a D – G (10).  
Obr. č. 11 - Grafické vyjádření změny množství vln při různých průměrech čelisti.  
Obr. č. 12 – Rozvinutý obrys průmětů.  
Obr. č. 13 – Rozvinutý obrys průmětů.  
Obr. č. 14 – Směry měření.  
Obr. č. 15 – Průměty splývaného materiálu č. 1.  
Obr. č. 16 – Rozvinuté průměty splývaného materiálu č. 1  
Obr. č. 15 – Průměty splývaného materiálu č. 2.  
Obr. č. 17 – Rozvinuté průměty splývaného materiálu č. 2.  
Obr. č. 18 – Průměty splývaného materiálu č. 3.  
Obr. č. 19 – Rozvinuté průměty splývaného materiálu č. 3.  
Obr. č. 20 – Průměty splývaného materiálu č. 4.  
Obr. č. 21 – Průměty splývaného materiálu č. 4.  
Obr. č. 22 – Průměty splývaného materiálu č. 5.  
Obr. č. 23 – Rozvinuté průměty splývaného materiálu č. 5.  
Obr. č. 24 – Průměty splývaného materiálu č. 6.  
Obr. č. 25 – Průměty splývaného materiálu č. 6.  
Obr. č. 26 – Průměrná síla při přetržení.  
Obr. č. 27 – Shluková analýza pro průměrnou sílu při přetržení.  
Obr. č. 28 – Protažení  
Obr. č. 29 – Shluková analýza pro protažení.  
Obr. č. 30 – Youngovy moduly.  
Obr. č. 31 – Shluková analýza pro Youngovy moduly.  
Obr. č. 32 – Tahová energie.  
Obr. č. 33 – Shluková analýza pro tahovou energii.  
Obr. č. 34 – Veličina WOT.  
Obr. č. 35 – Shluková analýza pro veličinu WOT.  
Obr. č. 36 – Linearita křivky.  
Obr. č. 37 – Shluková analýza pro linearitu křivky.



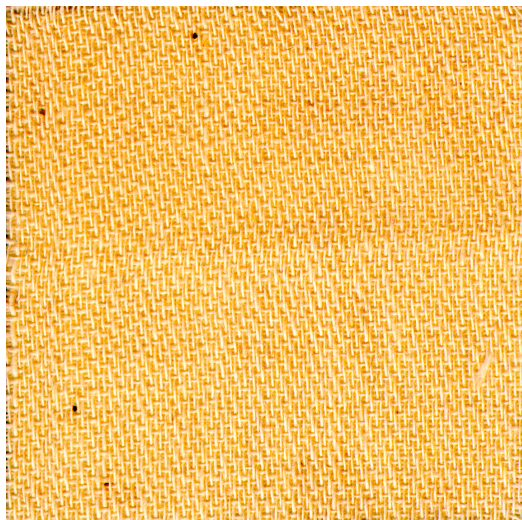
## **9. Soupis příloh**

1. Zkoušené materiály
2. Tahové a ohybové vlastnosti: grafy
3. Splývavost: výpočty
4. Tahové vlastnosti: tabulky
5. Fourierovy koeficienty
6. Korelace Fourierových koeficientů
7. Optimalizace nastavení parametrů

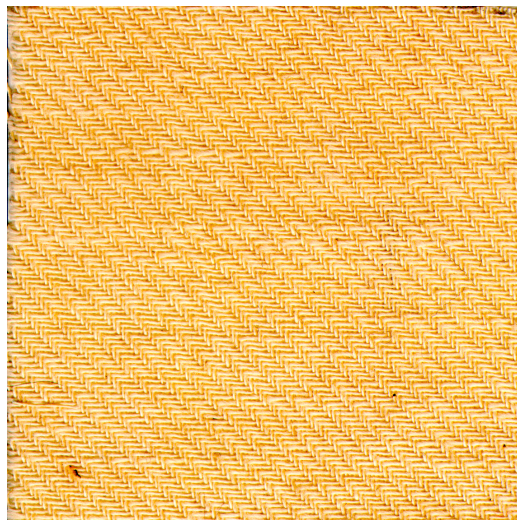
# PŘÍLOHA Č. 1

ZKOUŠENÉ MATERIÁLY

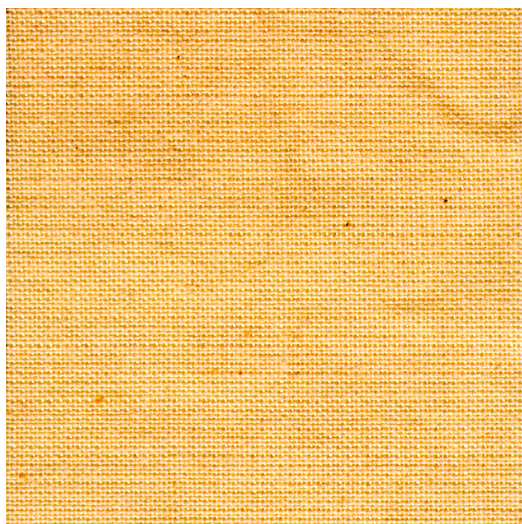
## Zkoušené materiály



Materiál č. 1



Materiál č. 2



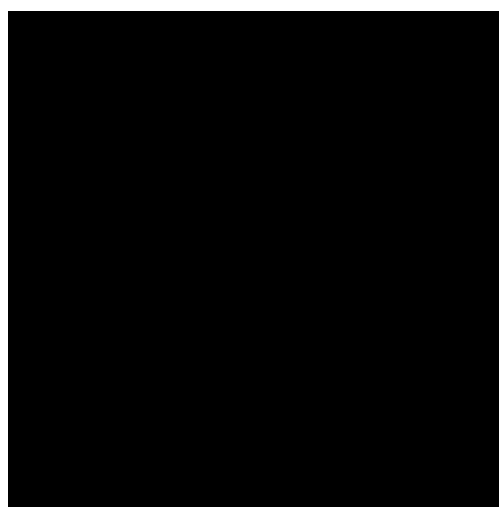
Materiál č. 3



Materiál č. 4



Materiál č. 5



Materiál č. 6

# **PŘÍLOHA Č. 2**

## **TAHOVÉ A OHYBOVÉ VLASTNOSTI: GRAFY**

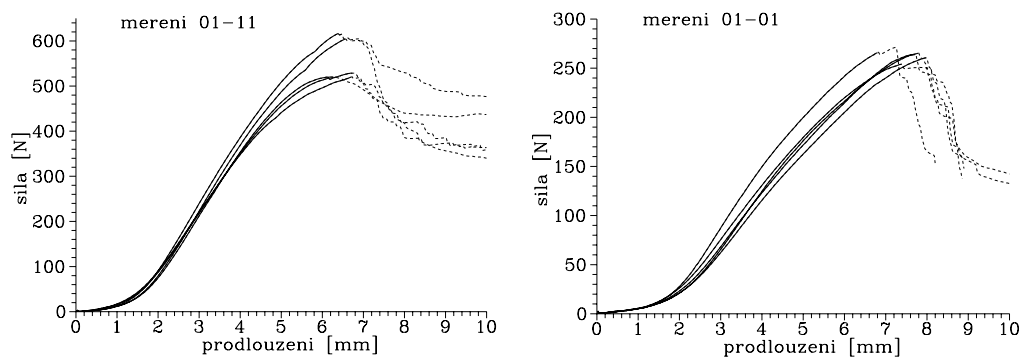


Figure 1: Trhací diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $0^\circ$  (vlevo) a  $15^\circ$  (vpravo).

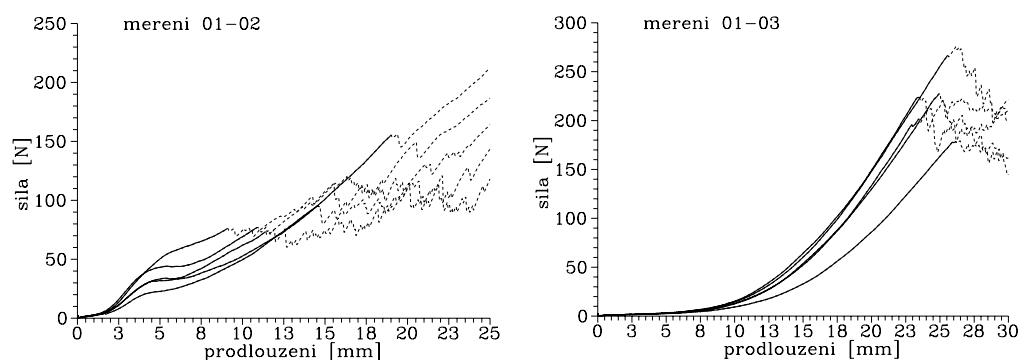


Figure 2: Trhací diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $30^\circ$  (vlevo) a  $45^\circ$  (vpravo).

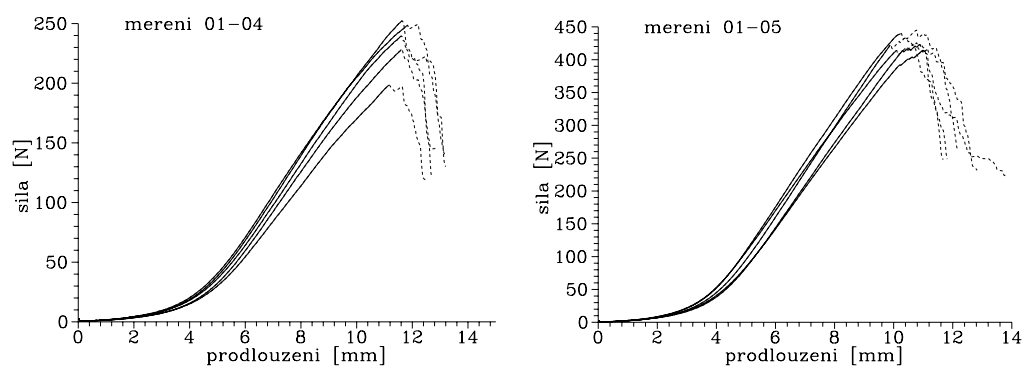


Figure 3: Trhací diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $60^\circ$  (vlevo) a  $75^\circ$  (vpravo).

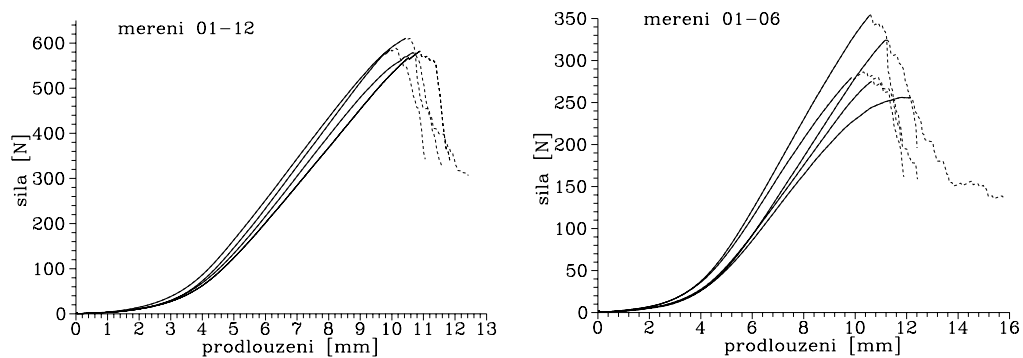


Figure 4: Trhací diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $90^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

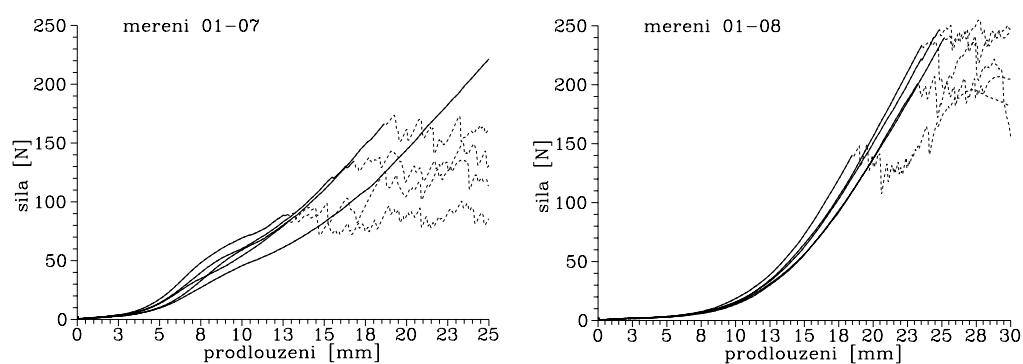


Figure 5: Trhací diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

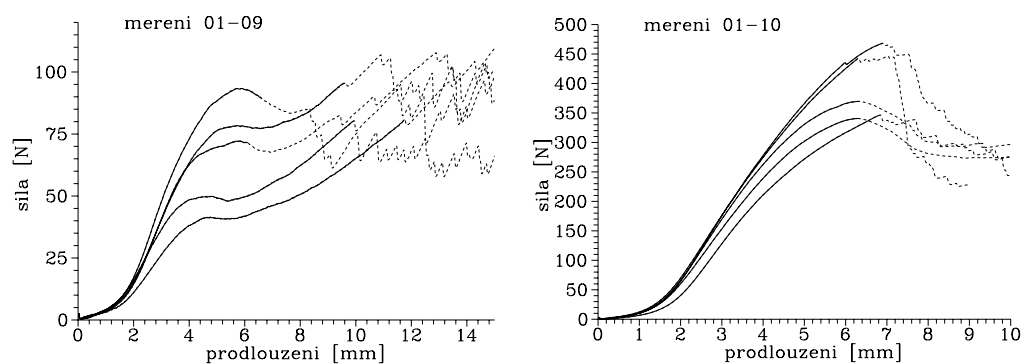


Figure 6: Trhací diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).

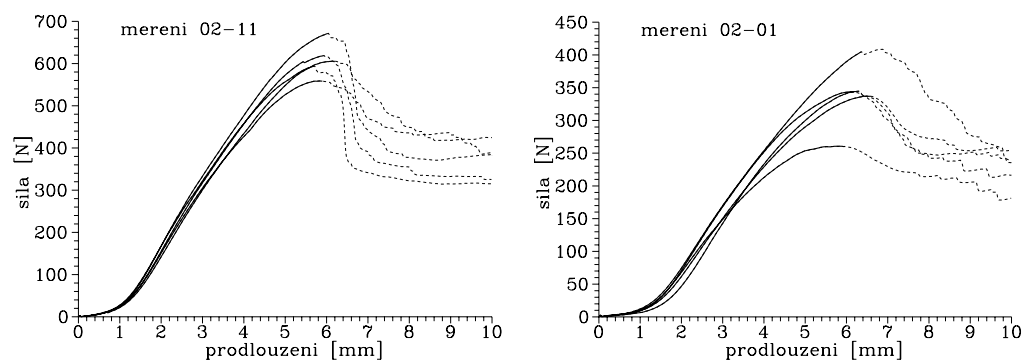


Figure 7: Trhací diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $0^\circ$  (vlevo) a  $15^\circ$  (vpravo).

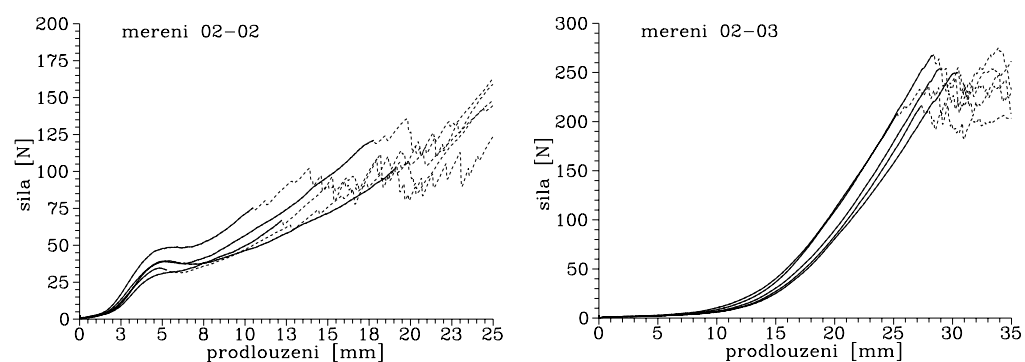


Figure 8: Trhací diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $30^\circ$  (vlevo) a  $45^\circ$  (vpravo).

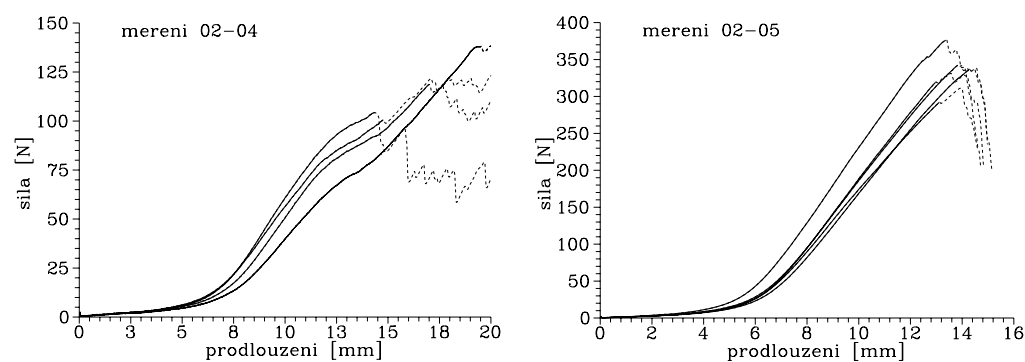


Figure 9: Trhací diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $60^\circ$  (vlevo) a  $75^\circ$  (vpravo).

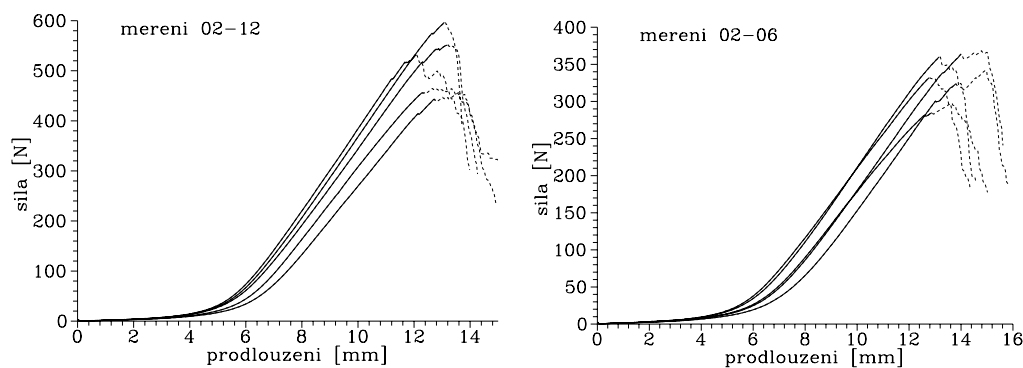


Figure 10: Trhací diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $90^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

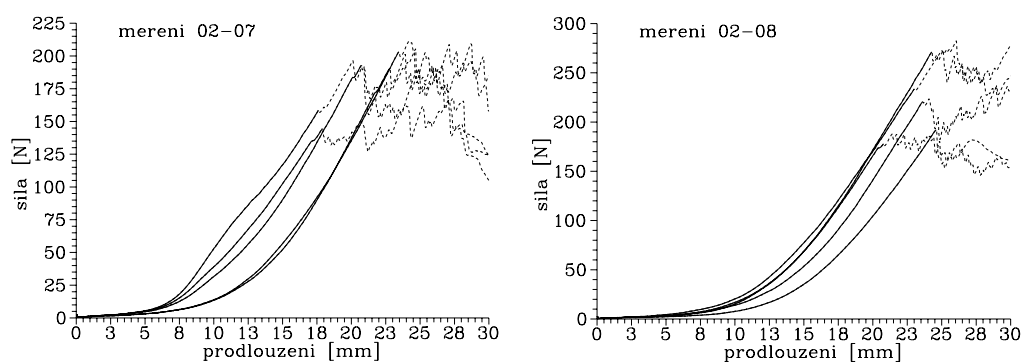


Figure 11: Trhací diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

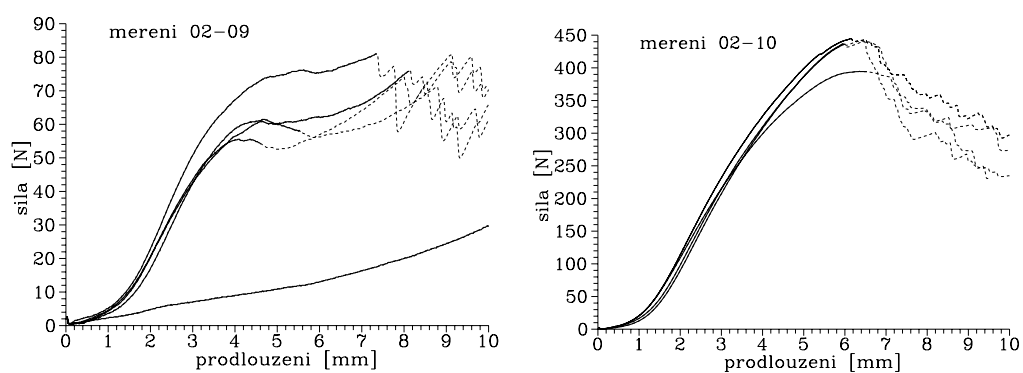


Figure 12: Trhací diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).



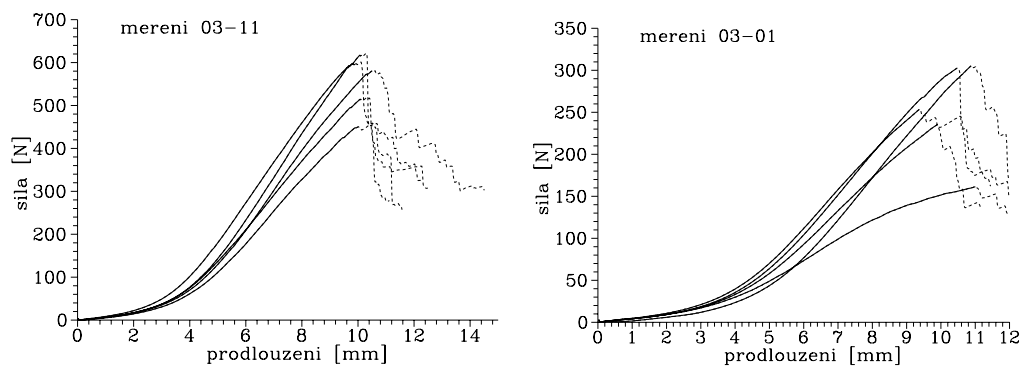


Figure 13: Trhací diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $0^\circ$  (vlevo) a  $15^\circ$  (vpravo).

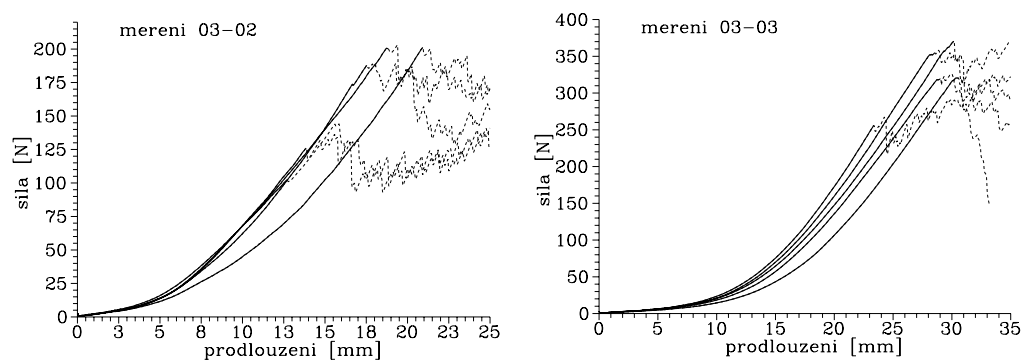


Figure 14: Trhací diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $30^\circ$  (vlevo) a  $45^\circ$  (vpravo).

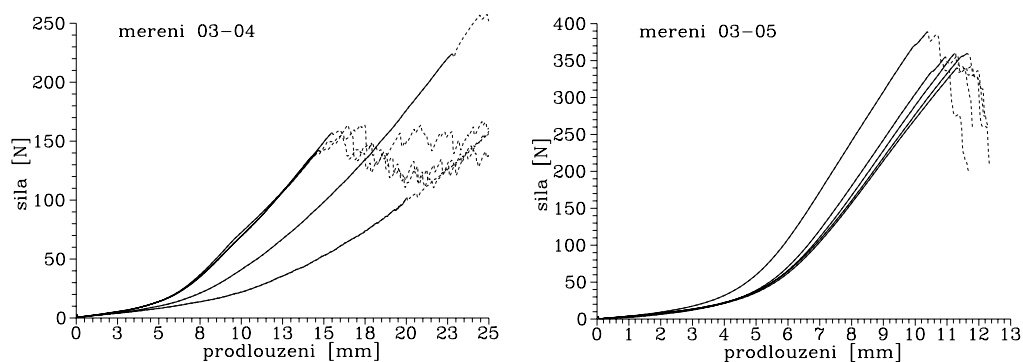


Figure 15: Trhací diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $60^\circ$  (vlevo) a  $75^\circ$  (vpravo).

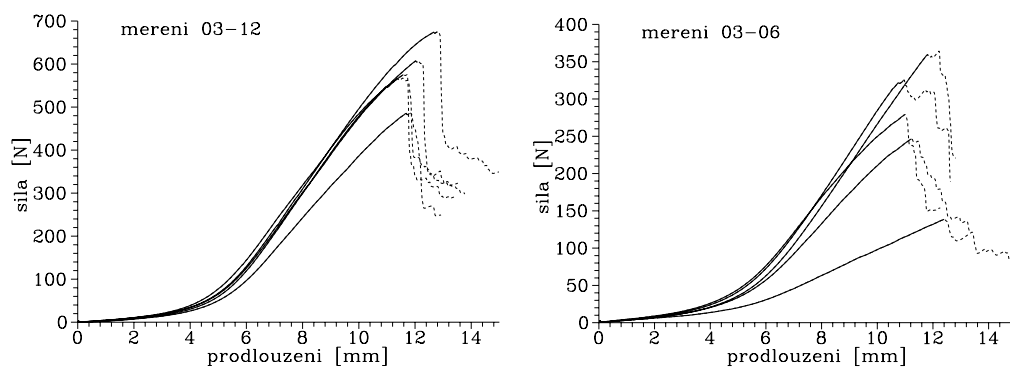


Figure 16: Trhací diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $90^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

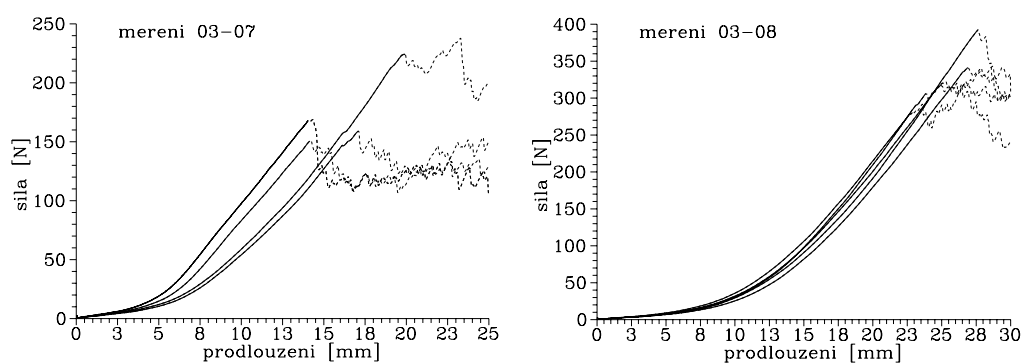


Figure 17: Trhací diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

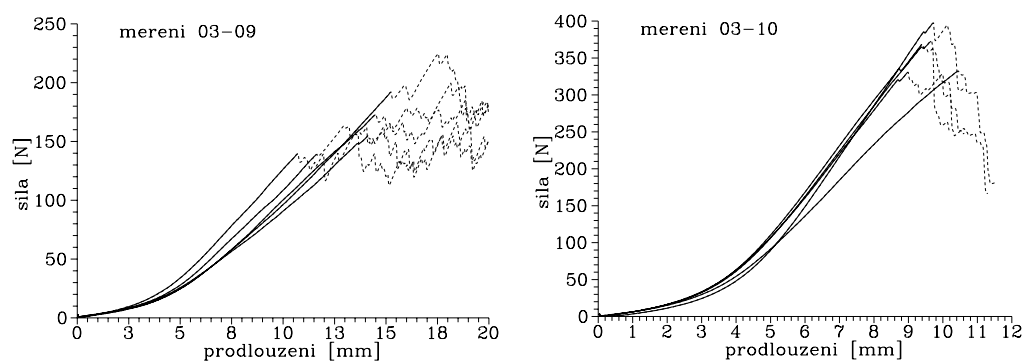


Figure 18: Trhací diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).

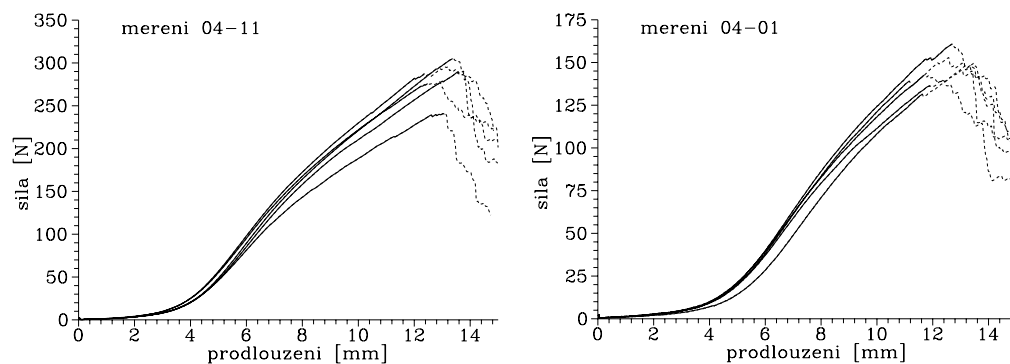


Figure 19: Trhací diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $0^\circ$  (vlevo) a  $15^\circ$  (vpravo).

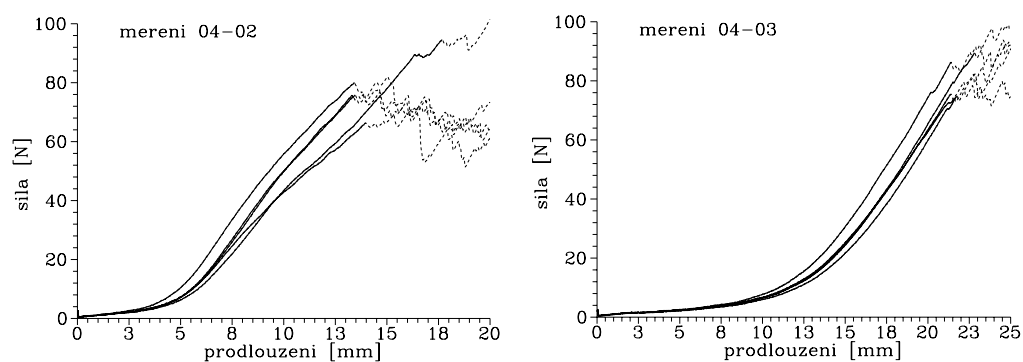


Figure 20: Trhací diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $30^\circ$  (vlevo) a  $45^\circ$  (vpravo).

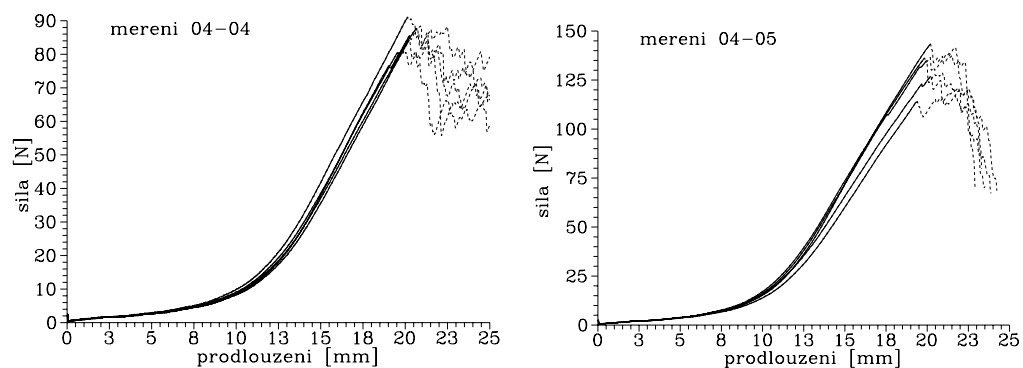


Figure 21: Trhací diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $60^\circ$  (vlevo) a  $75^\circ$  (vpravo).

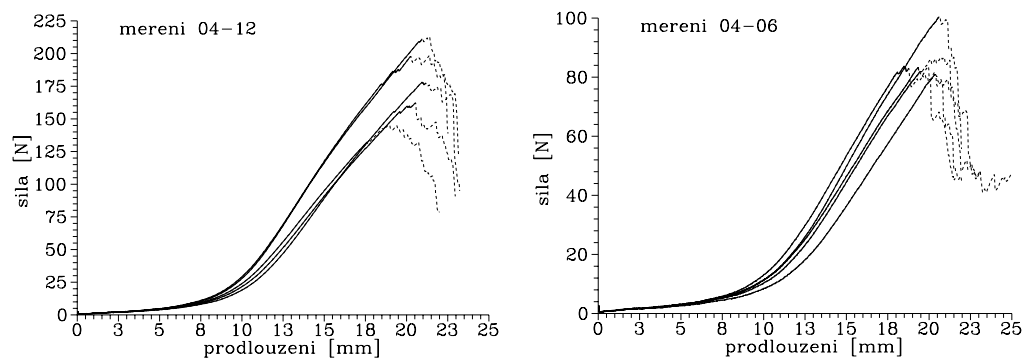


Figure 22: Trhací diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $90^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

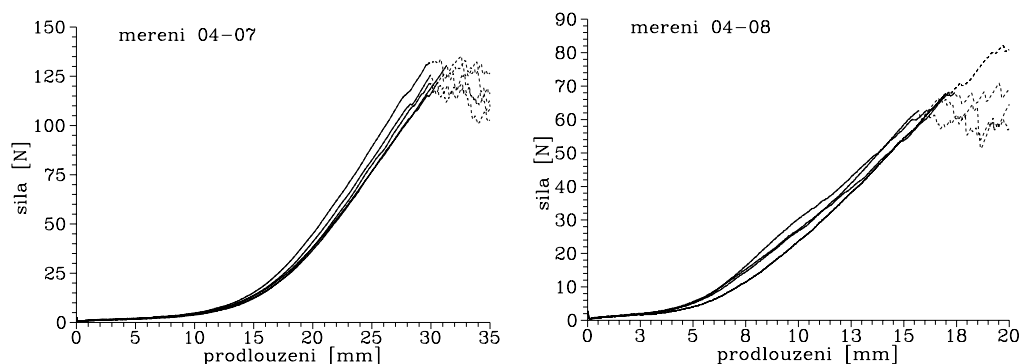


Figure 23: Trhací diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

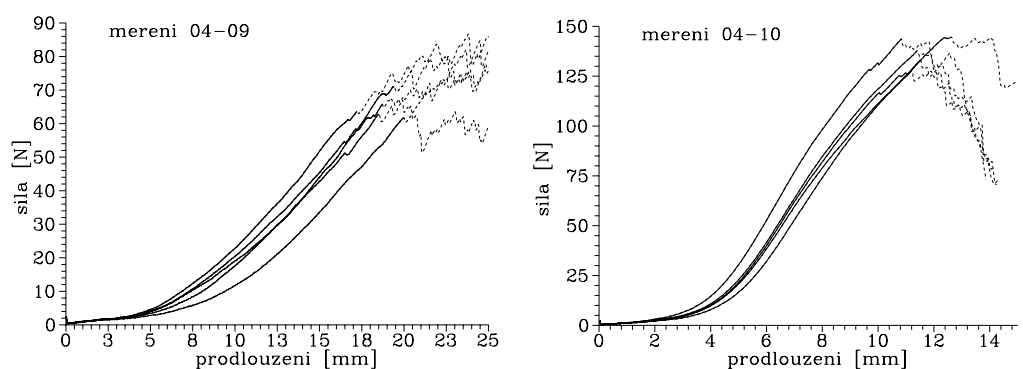


Figure 24: Trhací diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).

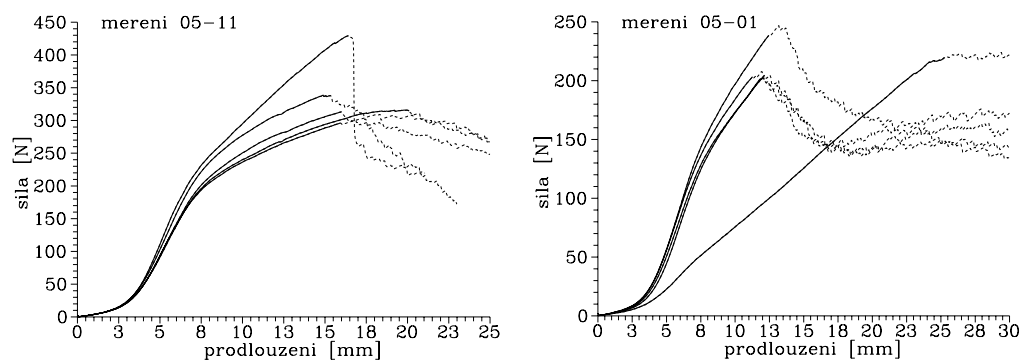


Figure 25: Trhací diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $0^\circ$  (vlevo) a  $15^\circ$  (vpravo).

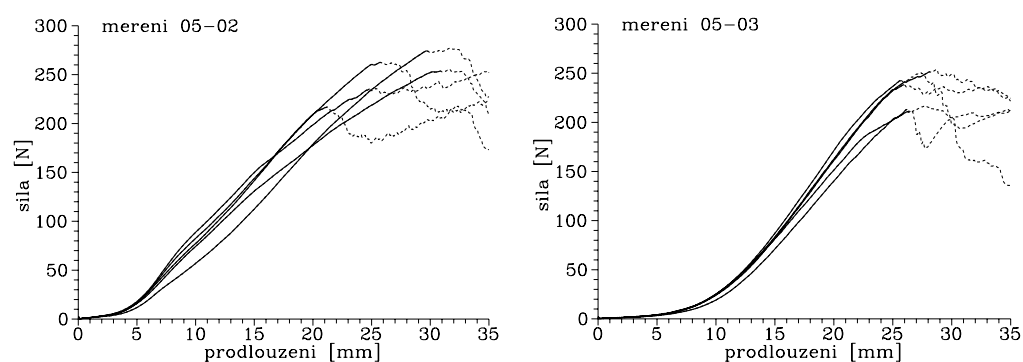


Figure 26: Trhací diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $30^\circ$  (vlevo) a  $45^\circ$  (vpravo).

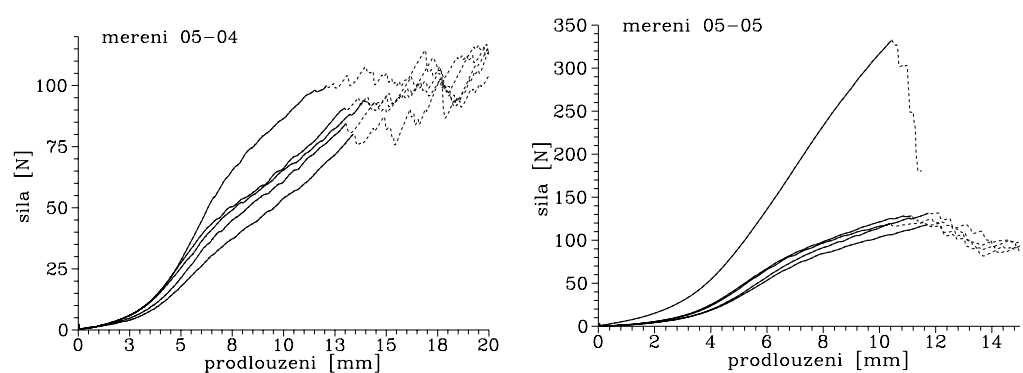


Figure 27: Trhací diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $60^\circ$  (vlevo) a  $75^\circ$  (vpravo).

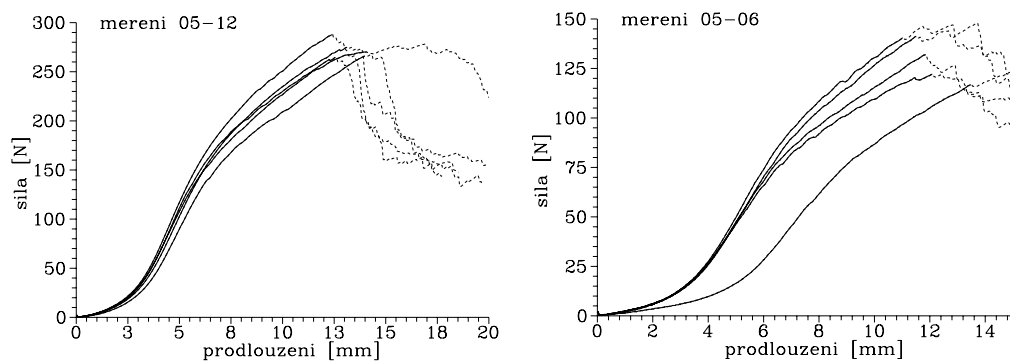


Figure 28: Trhací diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $90^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

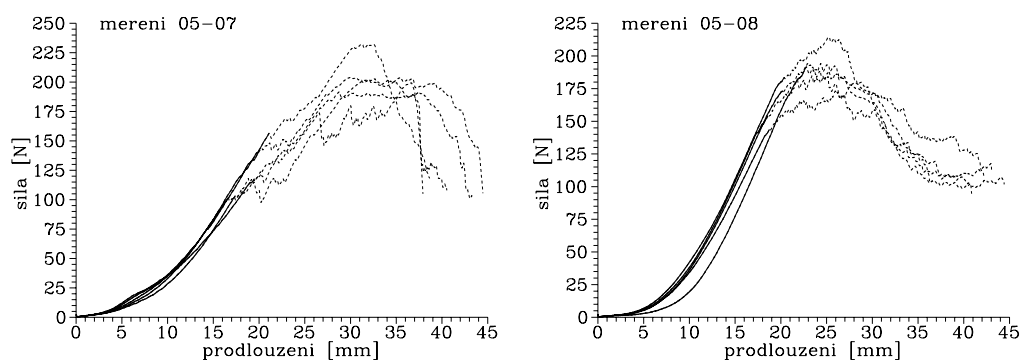


Figure 29: Trhací diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

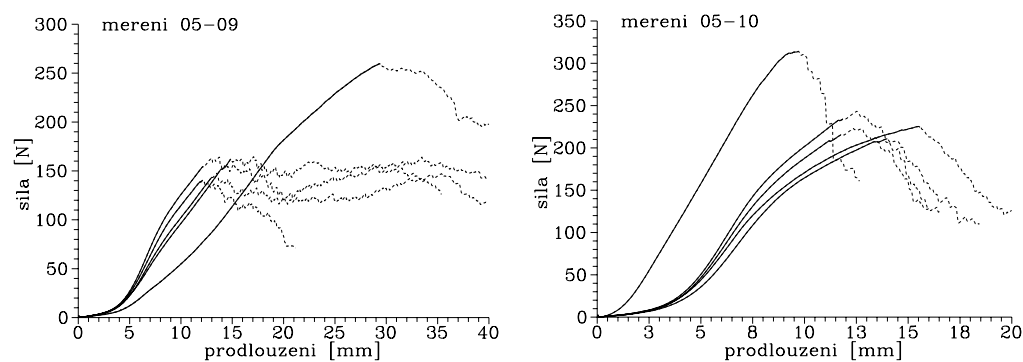


Figure 30: Trhací diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).

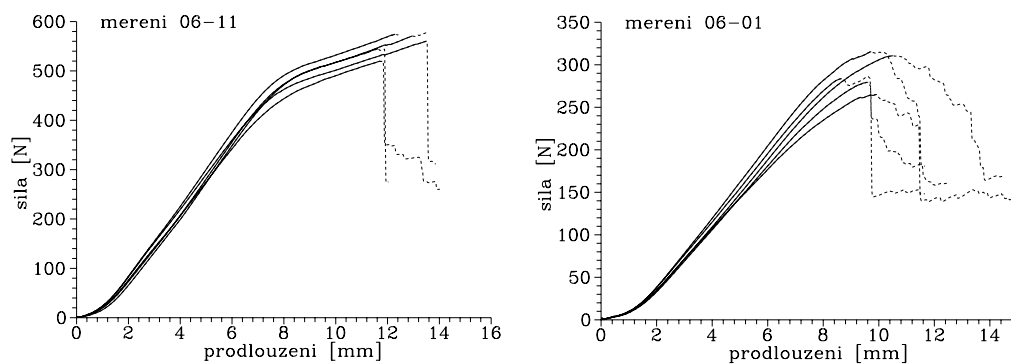


Figure 31: Trhací diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $0^\circ$  (vlevo) a  $15^\circ$  (vpravo).

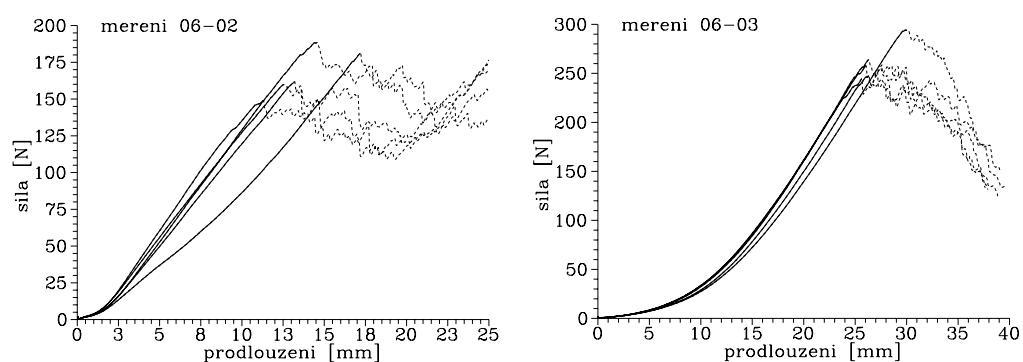


Figure 32: Trhací diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $30^\circ$  (vlevo) a  $45^\circ$  (vpravo).

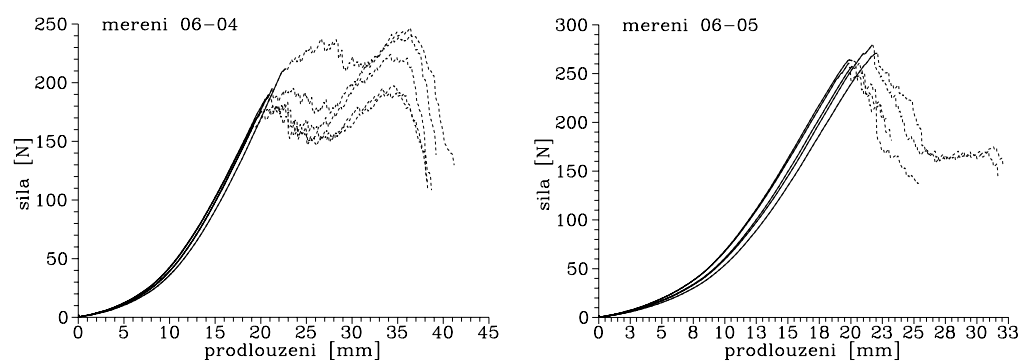


Figure 33: Trhací diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $60^\circ$  (vlevo) a  $75^\circ$  (vpravo).

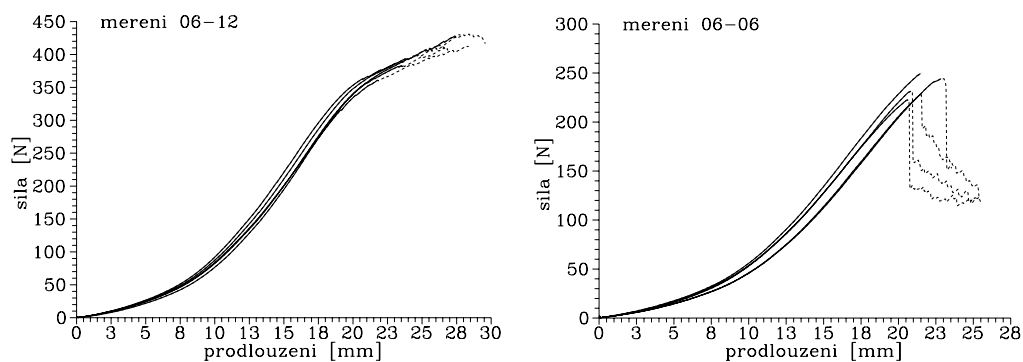


Figure 34: Trhací diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $90^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

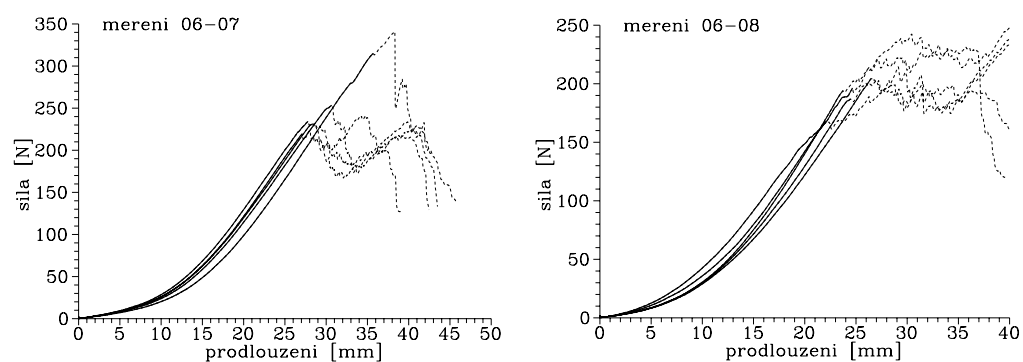


Figure 35: Trhací diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

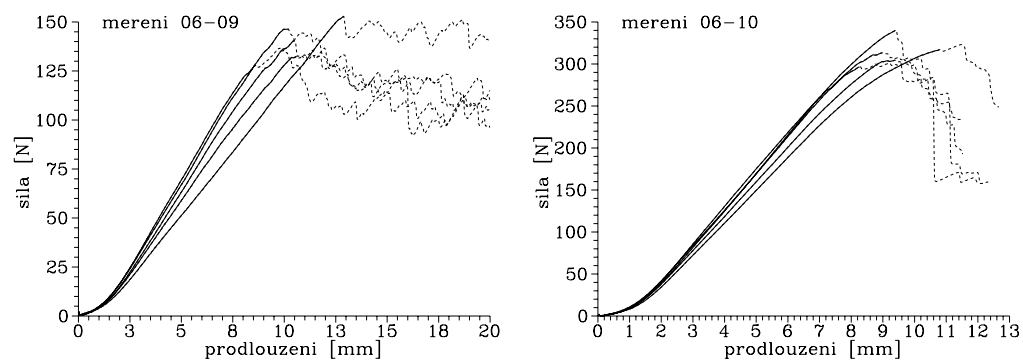


Figure 36: Trhací diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).



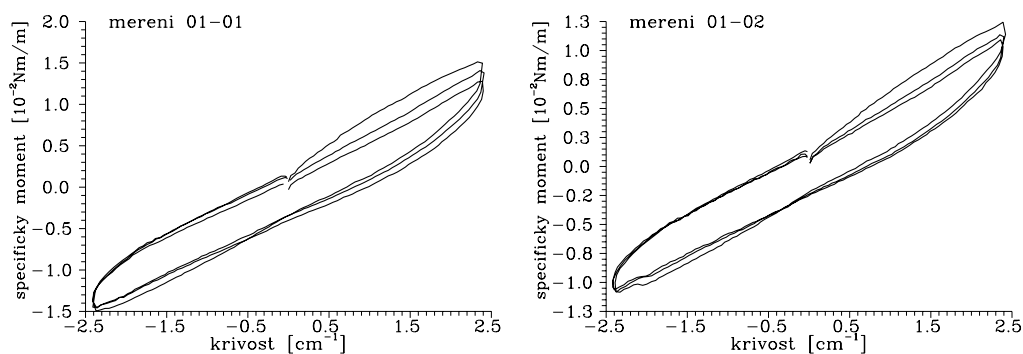


Figure 37: Ohybové diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $15^\circ$  (vlevo) a  $30^\circ$  (vpravo).

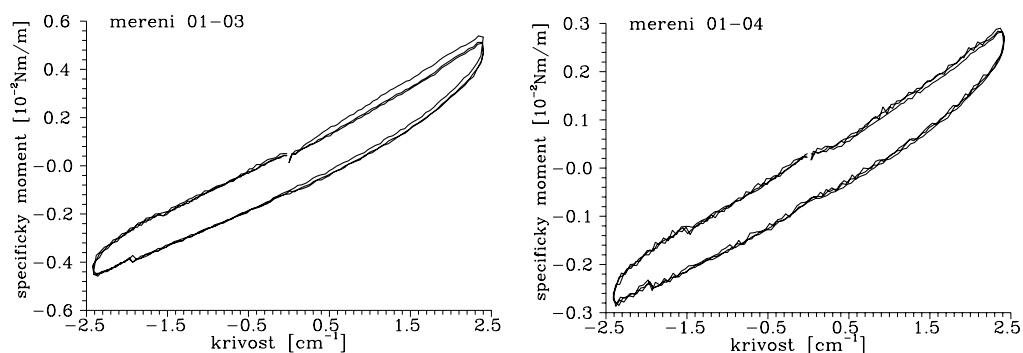


Figure 38: Ohybové diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $45^\circ$  (vlevo) a  $60^\circ$  (vpravo).

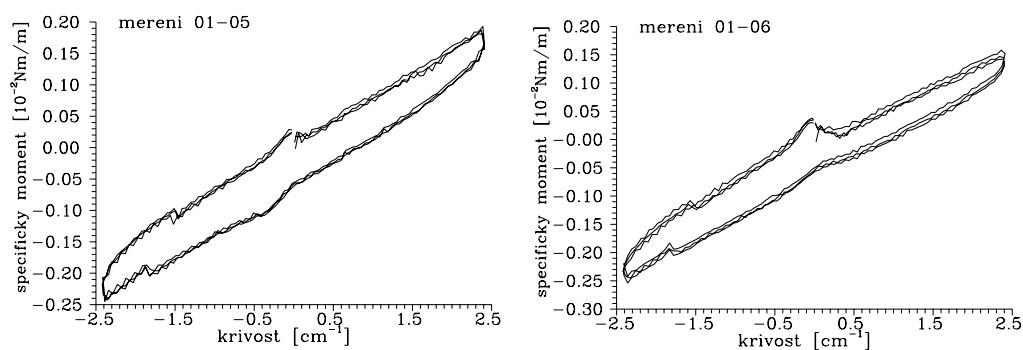


Figure 39: Ohybové diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $75^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

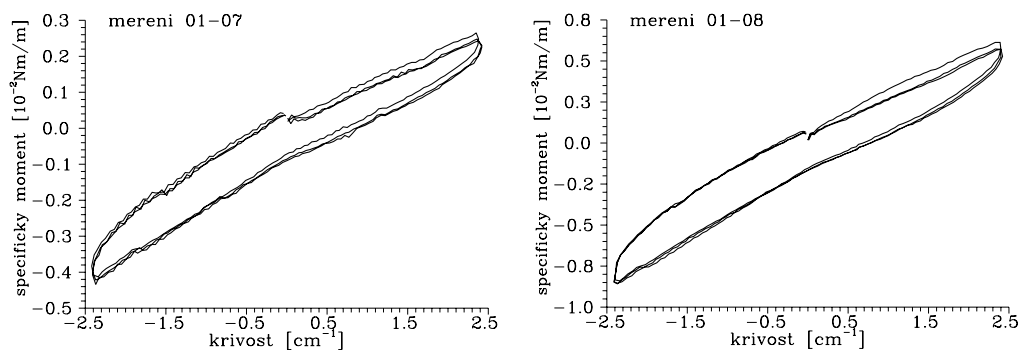


Figure 40: Ohybové diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

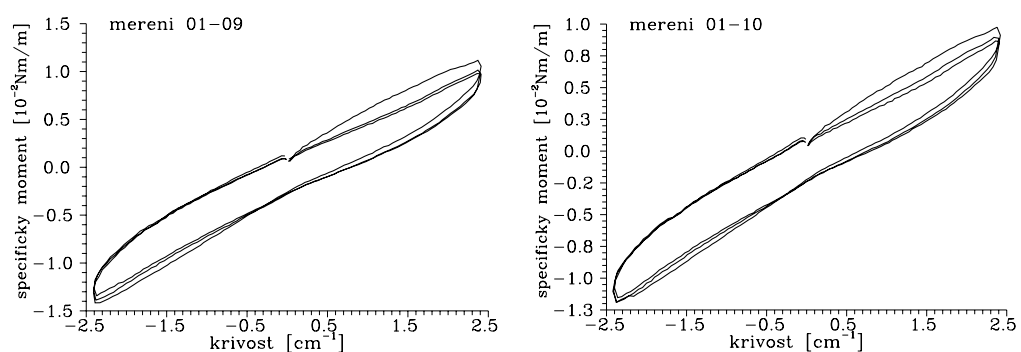


Figure 41: Ohybové diagramy vzorku číslo 01 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).

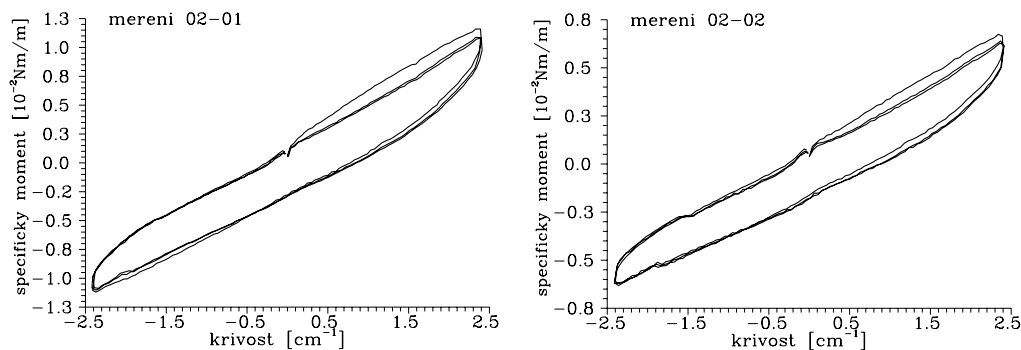


Figure 42: Ohybové diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $15^\circ$  (vlevo) a  $30^\circ$  (vpravo).

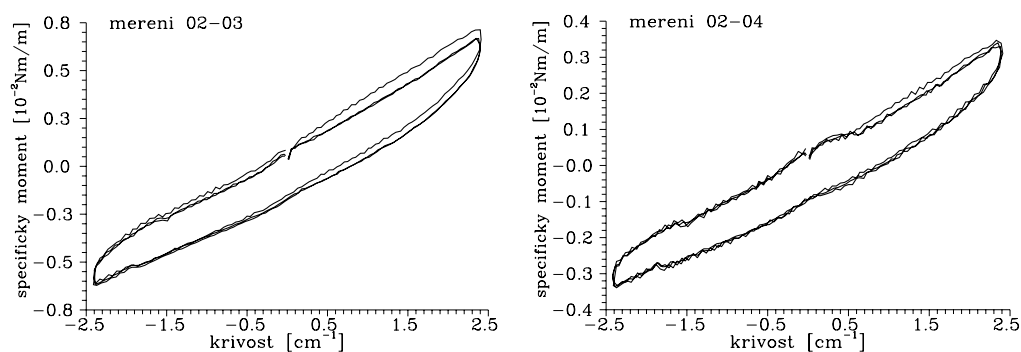


Figure 43: Ohybové diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $45^\circ$  (vlevo) a  $60^\circ$  (vpravo).

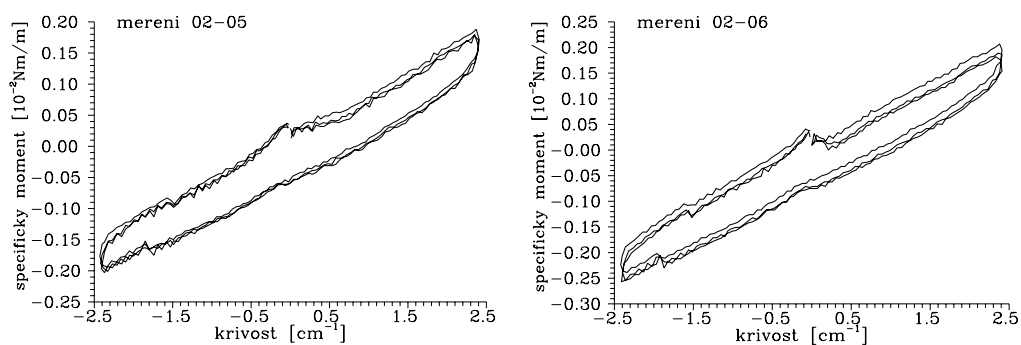


Figure 44: Ohybové diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $75^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

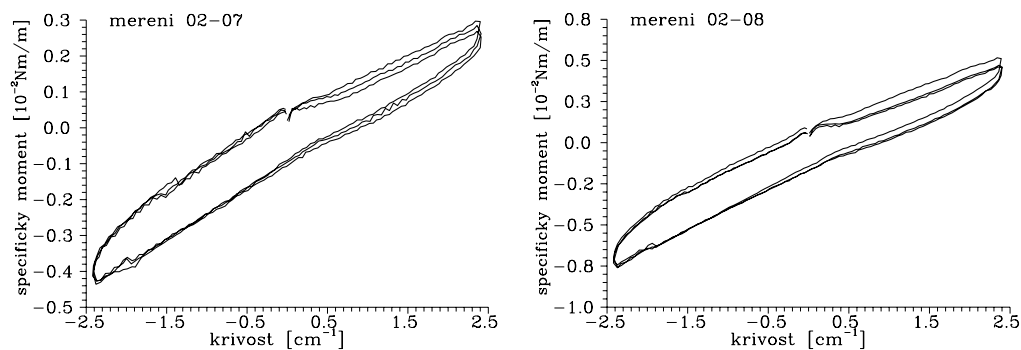


Figure 45: Ohybové diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

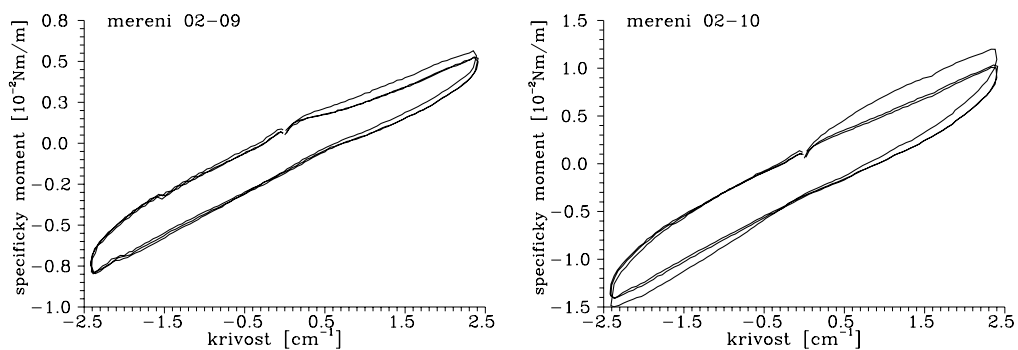


Figure 46: Ohybové diagramy vzorku číslo 02 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).

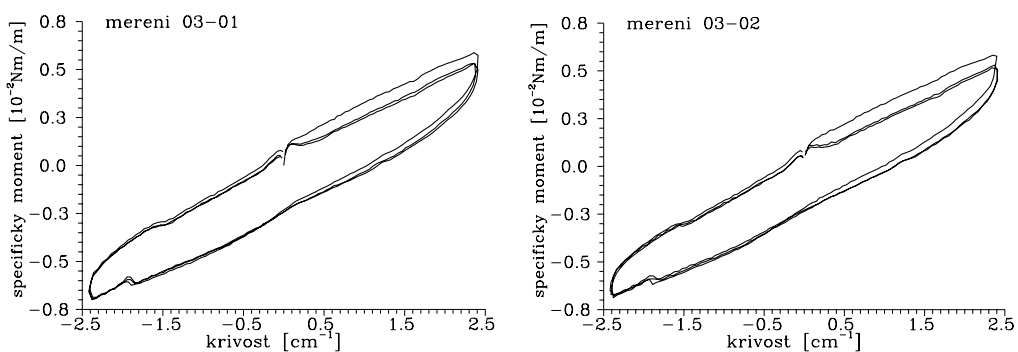


Figure 47: Ohybové diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $15^\circ$  (vlevo) a  $30^\circ$  (vpravo).

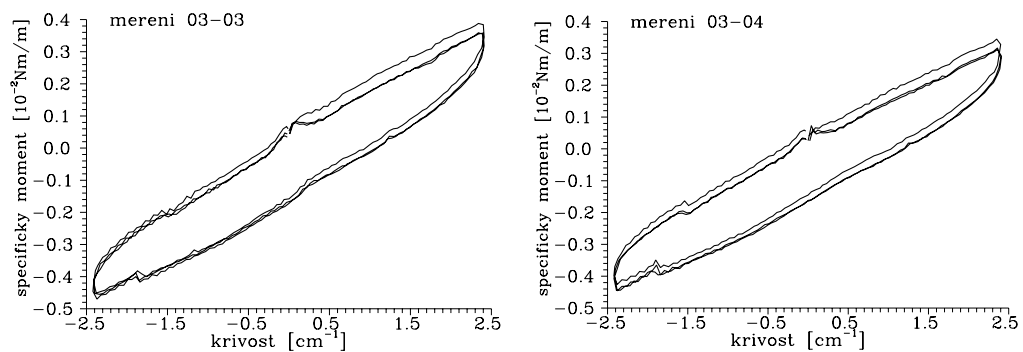


Figure 48: Ohybové diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $45^\circ$  (vlevo) a  $60^\circ$  (vpravo).

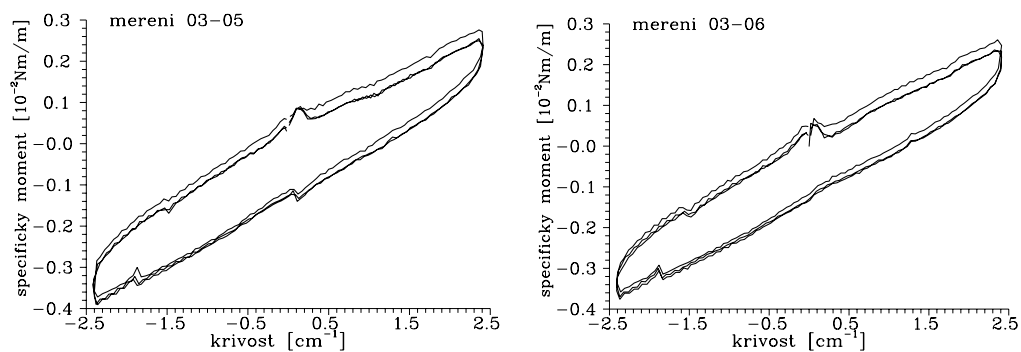


Figure 49: Ohybové diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $75^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

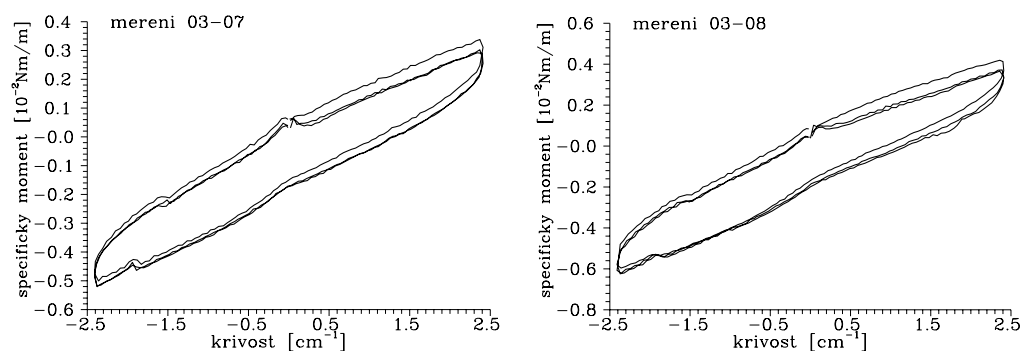


Figure 50: Ohybové diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

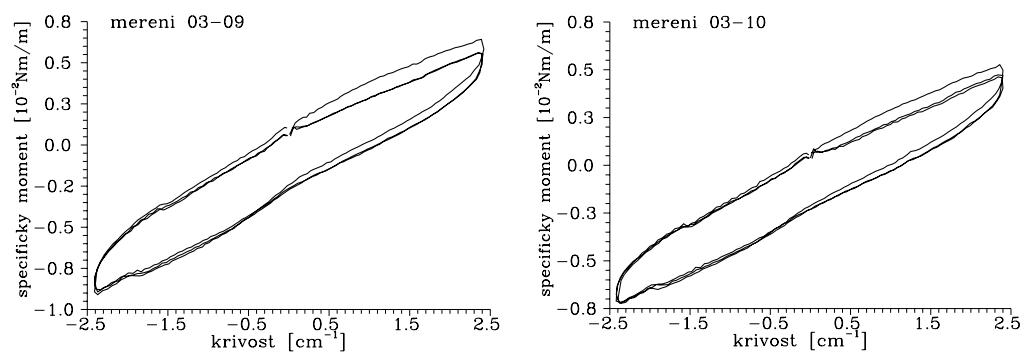


Figure 51: Ohybové diagramy vzorku číslo 03 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).

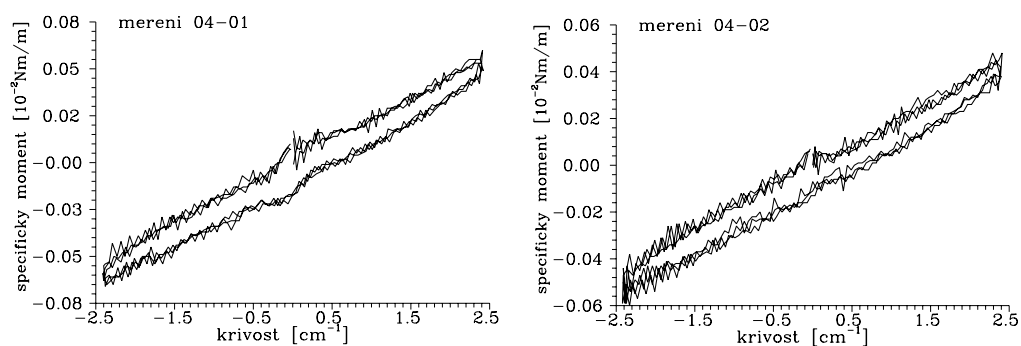


Figure 52: Ohybové diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $15^\circ$  (vlevo) a  $30^\circ$  (vpravo).

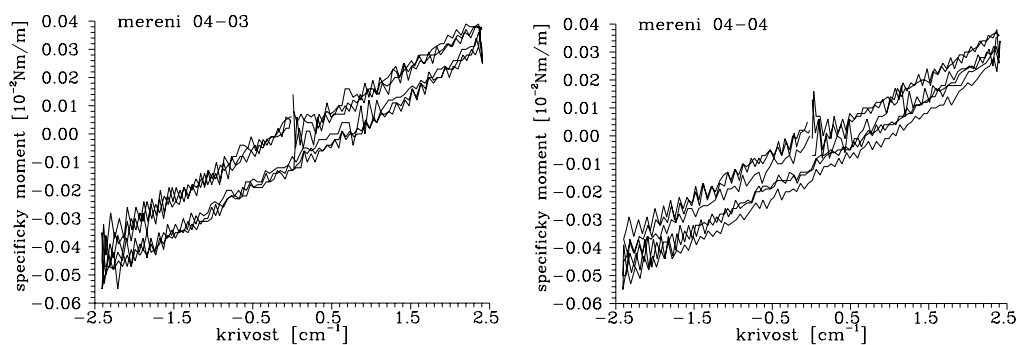


Figure 53: Ohybové diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $45^\circ$  (vlevo) a  $60^\circ$  (vpravo).

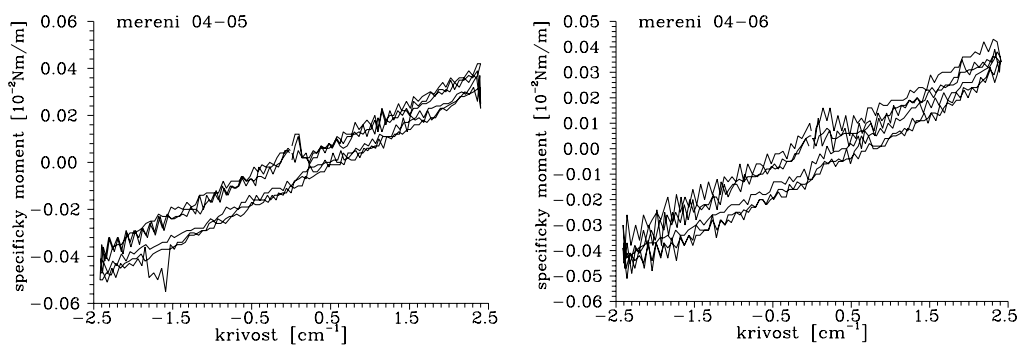


Figure 54: Ohybové diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $75^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

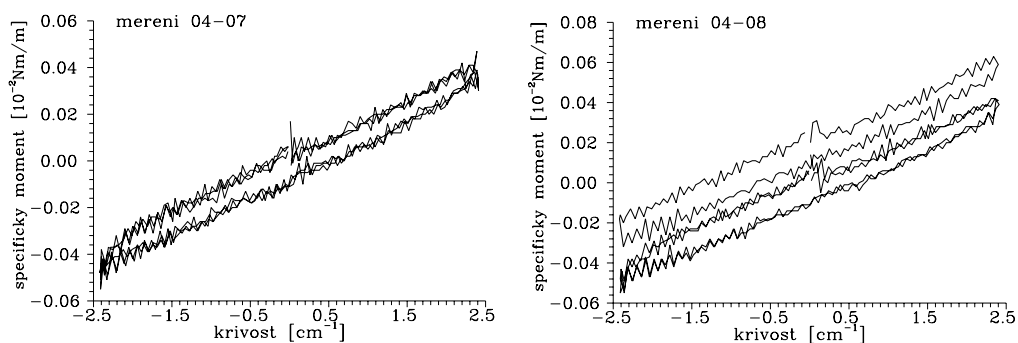


Figure 55: Ohybové diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

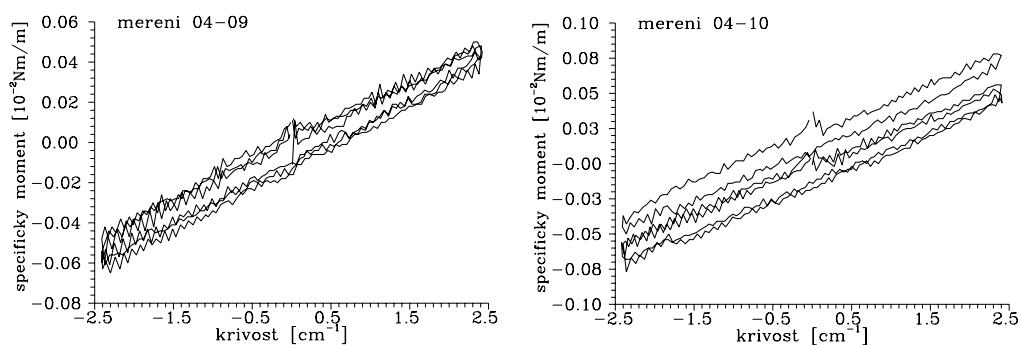


Figure 56: Ohybové diagramy vzorku číslo 04 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).

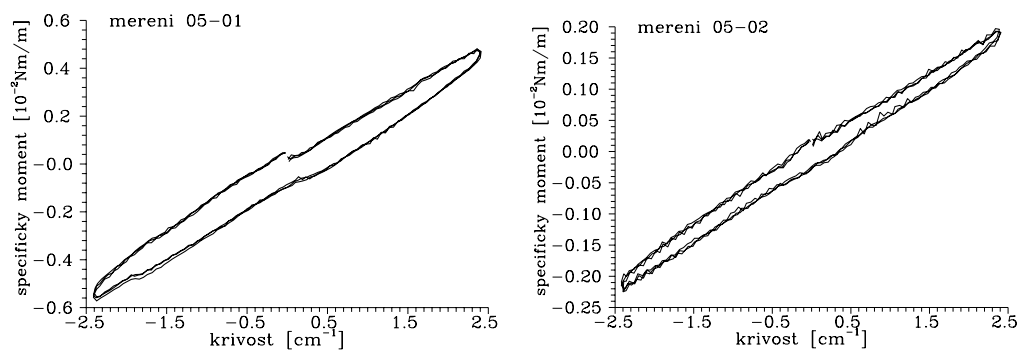


Figure 57: Ohybové diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $15^\circ$  (vlevo) a  $30^\circ$  (vpravo).

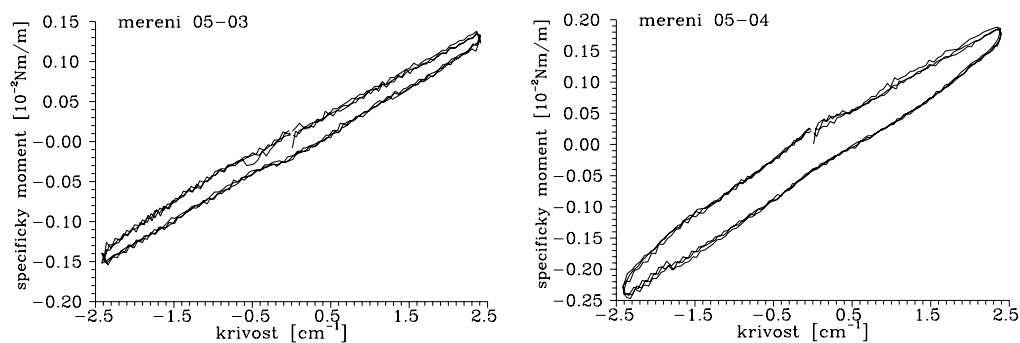


Figure 58: Ohybové diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $45^\circ$  (vlevo) a  $60^\circ$  (vpravo).

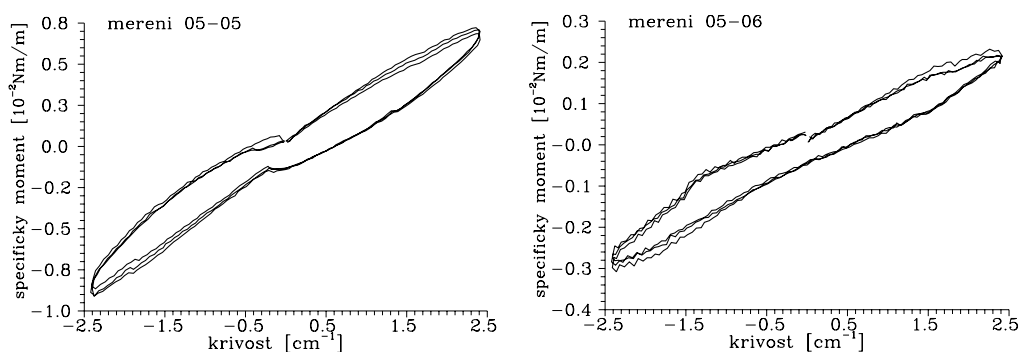


Figure 59: Ohybové diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $75^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

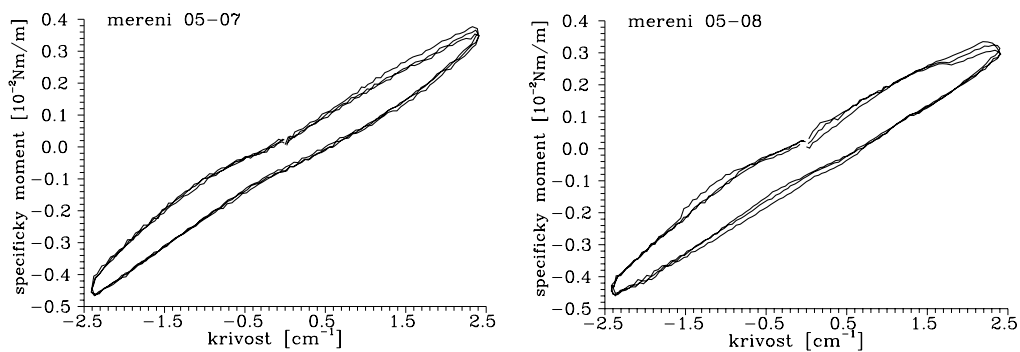


Figure 60: Ohybové diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).



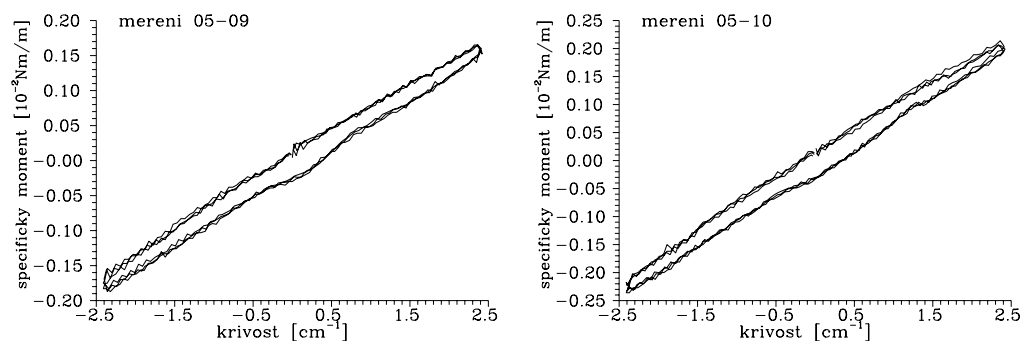


Figure 61: Ohybové diagramy vzorku číslo 05 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).

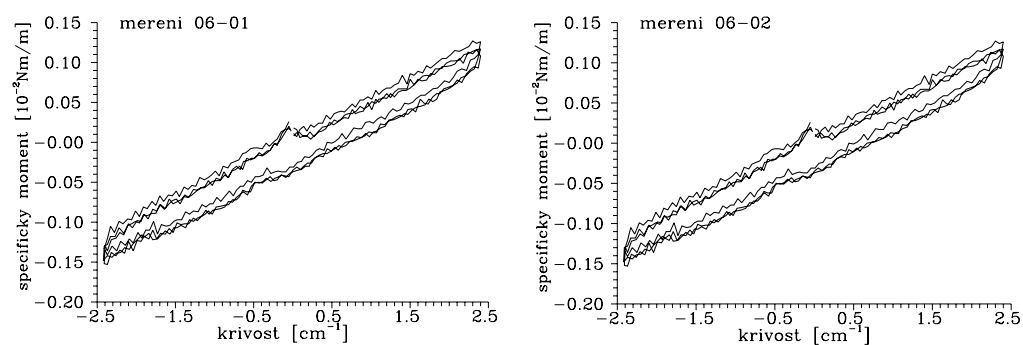


Figure 62: Ohybové diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $15^\circ$  (vlevo) a  $30^\circ$  (vpravo).

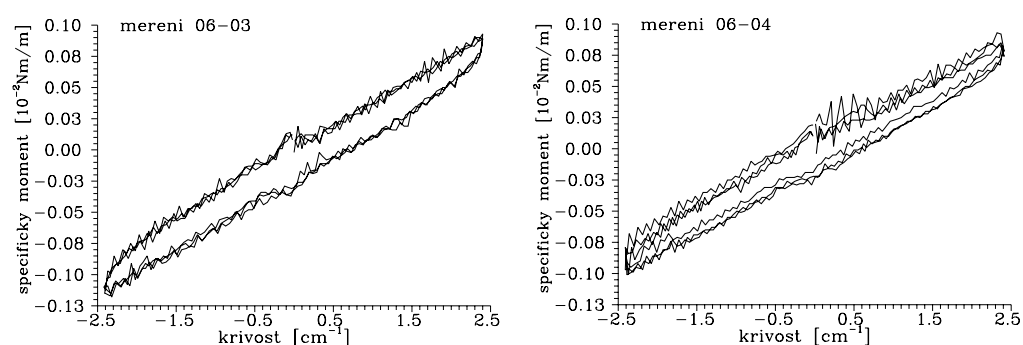


Figure 63: Ohybové diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $45^\circ$  (vlevo) a  $60^\circ$  (vpravo).

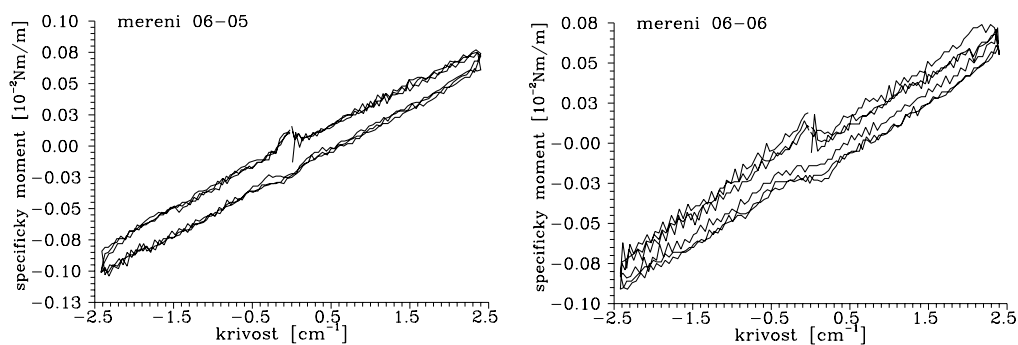


Figure 64: Ohybové diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $75^\circ$  (vlevo) a  $105^\circ$  (vpravo).

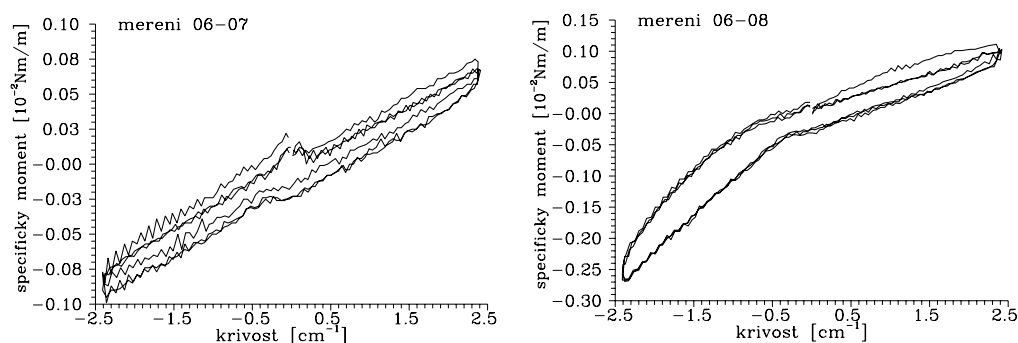


Figure 65: Ohybové diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $120^\circ$  (vlevo) a  $135^\circ$  (vpravo).

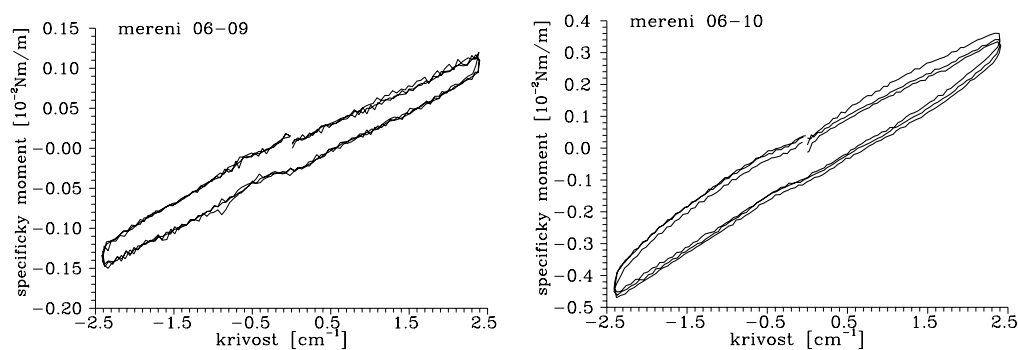


Figure 66: Ohybové diagramy vzorku číslo 06 pro úhly orientace tkaniny  $150^\circ$  (vlevo) a  $165^\circ$  (vpravo).

# **PŘÍLOHA Č. 3**

## **SPLÝVAVOST: VÝPOČTY**

## VZOREK 01

Merení číslo: 1

Splyvavost= 36.19 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 104.56 [mm] pro uhel= 64.31

maximum= 148.58 [mm] pro uhel= 28.12

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

142.9 142.4 148.2 120.3 105.9 106.6 117.3 135.5 141.0 133.0 124.5 138.9 144.8  
145.2 138.7 132.8 140.1 134,8 120,3

109,4 106,5 119,5 145,2 143,8 142,9

Fourierovske koeficienty: 130,799 3,641 12,854 10,353 2,682 8,182 1,  
144 2,068 1,8231,050 1,280

Merení číslo: 2

Splyvavost= 26,59 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 106,34 [mm] pro uhel=245,24

maximum= 150,67 [mm] pro uhel= 38,01

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

145,7 145,9 149,2 140,7 120,4 113,7 119,2 131,0 144,0 149,2 149,2 146,7 145,5  
143,8 142,7 118,6 106,6108,6 117,3

134,7 145,7 146,7 146,7 147,4 145,7

Fourierovske koeficienty: 135,932 4,031 17,452 3,590 7,956 1,641 1,  
576 1,131 1,5620,873 0,658

Merení číslo: 3

Splyvavost= 28,54 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 108,06 [mm] pro uhel= 75,81

maximum= 149,58 [mm] pro uhel=129,09

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

143,9 143,4 147,3 129,7 111,2 108,1 116,0 131,8 146,8 148,1 144,0 146,3 143,2  
142,4 132,0 129,3 135,4138,6 133,5

121,2 122,6 131,6 145,5 147,6 143,9

Fourierovske koeficienty: 135,119 2,517 12,105 9,076 1,023 5,993 1,  
473 0,910 1,4971,388 0,083

Merení číslo: 4

Splyvavost= 25,64 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 115,43 [mm] pro uhel=237,44

maximum= 148,41 [mm] pro uhel=195,63

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

146,1 143,8 134,0 138,7 133,8 120,7 118,4 122,7 131,9 144,1 145,2 146,1 146,4  
148,3 132,3 118,6 116,6124,6 138,3

147,1 144,9 143,9 145,9 147,4 146,1

Fourierovske koeficienty: 136,751 3,863 12,083 6,474 2,276 4,565 0,  
594 1,105 1,4421,104 0,992

Merení číslo: 5

Splyvavost= 31,57 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 103,59 [mm] pro uhel= 76,66

maximum= 151,70 [mm] pro uhel= 36,38

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

145,5 143,7 149,1 138,4 111,5 104,1 104,5 112,5 135,1 148,8 146,3 143,1 144,5  
141,2 139,4 119,1 111,7 116,0 127,1

137,6 143,1 138,7 143,9 149,4 145,5

Fourierovske koeficienty: 133,194 3,933 17,591 6,937 6,538 3,771 1,  
752 2,296 2,44 10,829 0,386

Mereni cislo: 6

Splyvavost= 34,54 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 97,45 [mm] pro uhel=249,48

maximum= 151,15 [mm] pro uhel=206,80

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

148,4 147,2 141,3 142,7 139,3 117,9 104,5 102,0 108,1 134,6 142,9 143,6 146,3  
150,1 149,4 122,0 102,1 198,4 108,2

126,9 143,2 142,2 142,0 147,8 148,4

Fourierovske koeficienty: 131,235 5,497 20,654 10,076 4,835 5,858 0,  
391 1,986 0,42 1,889 0,692

Mereni cislo: 7

Splyvavost= 25,67 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 106,58 [mm] pro uhel= 74,65

maximum= 151,94 [mm] pro uhel=332,76

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

148,4 146,5 146,8 126,2 112,0 106,6 111,4 123,9 141,5 147,4 143,6 146,8 145,0  
145,9 143,7 130,1 121,0 121,0 131,1

144,9 145,9 146,0 150,1 149,7 148,4

Fourierovske koeficienty: 136,494 5,857 16,259 3,217 6,852 1,737 1,  
311 1,470 1,39 10,662 0,543

Mereni cislo: 8

Splyvavost= 35,29 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 95,66 [mm] pro uhel= 99,92

maximum= 152,22 [mm] pro uhel=349,49

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

149,2 144,1 142,2 143,7 130,6 116,1 99,1 97,2 109,4 137,4 147,2 145,6 145,7  
143,3 144,7 120,6 102,6 97,6 104,2

124,3 145,5 147,6 147,0 151,0 149,2

Fourierovske koeficienty: 130,644 6,299 22,784 9,285 6,241 5,271 0,  
152 1,670 1,11 1,241 1,068

Mereni cislo: 9

Splyvavost= 32,60 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 98,41 [mm] pro uhel=286,20

maximum= 153,56 [mm] pro uhel=134,69

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

148,2 147,9 149,5 141,1 119,8 109,1 109,1 118,4 139,8 153,5 148,5 145,8 146,6  
142,8 136,5 137,2 138,2 114,6 101,8

98,5 105,3 127,1 147,5 148,1 148,2  
 Fourierovské koeficienty: 132,322 5,822 20,745 7,984 7,586 3,608 0,  
 506 2,572 1,4101,704 0,426

Měření číslo: 10

Splyvavost= 35,28 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 93,74 [mm] pro  $\alpha$ = 84,61

maximum= 148,81 [mm] pro  $\alpha$ =352,16

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

146,9 145,8 144,5 144,7 117,3 98,7 95,1 102,8 122,2 146,5 145,9 147,1 146,9  
 145,3 136,0 133,3 138,5 139,8 122,2

111,6 109,6 114,2 139,5 148,1 146,9

Fourierovské koeficienty: 130,886 4,915 19,551 11,012 4,637 5,666 0,  
 194 2,562 0,3381,739 0,886

Průměrné velikosti:

Průměrná splyvavost= 31,19 [%]

minimální hloubka=1029,83 [mm]

maximální hloubka=1506,62 [mm]

Průměrná délka obvodu= 883,25 [mm]

Průměrné hloubky

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

0,0 146,53  
 15,0 145,08  
 30,0 145,22  
 45,0 136,62  
 60,0 120,18  
 75,0 110,18  
 90,0 109,48  
 105,0 117,79  
 120,0 131,97  
 135,0 144,27  
 150,0 143,74  
 165,0 145,00  
 180,0 145,51  
 195,0 144,83  
 210,0 139,55  
 225,0 126,16  
 240,0 121,30  
 255,0 119,39  
 270,0 120,37  
 285,0 125,62  
 300,0 131,22  
 315,0 135,76  
 330,0 145,33  
 345,0 148,03  
 360,0 146,53

Průměrné fourierovské koeficienty: 133,338 4,637 17,208 7,800 5,063 4,  
 629 0,909 1,7771,345 1,248

0,701

VZOREK 02

Měření číslo: 1

Splyvavost= 35,30 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 97,51 [mm] pro  $\alpha$ =266,99

maximum= 149,33 [mm] pro  $\alpha$ =313,88

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

146,6 146,3 148,5 129,7 108,3 100,8 103,2 115,2 135,8 146,0 146,2 145,9 146,6  
147,3 148,9 137,5 112,1100,7 97,9

104,7 124,1 149,3 145,7 146,8 146,6

Fourierovské koeficienty: 130,627 1,651 24,731 2,613 9,624 1,276 1,  
645 0,488 2,8121,049 0,696

Měření číslo: 2

Splyvavost= 34,41 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 98,41 [mm] pro úhel=261,01

maximum= 150,16 [mm] pro úhel= 31,41

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

148,1 146,7 149,7 132,5 108,8 100,9 102,8 113,6 134,1 147,5 147,2 147,2 146,9  
145,9 147,4 132,5 108,999,2 100,1

111,7 132,2 148,2 146,3 147,1 148,1

Fourierovské koeficienty: 131,134 0,829 24,757 0,332 9,669 0,495 1,  
384 0,187 2,7270,343 0,715

Měření číslo: 3

Splyvavost= 35,92 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 98,02 [mm] pro úhel= 90,87

maximum= 148,12 [mm] pro úhel= 38,17

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

147,5 146,2 146,5 145,6 118,9 102,5 98,1 103,2 119,1 141,3 145,2 145,2 147,0  
146,9 145,4 119,3 103,299,4 104,4

122,7 143,9 146,7 143,0 144,1 147,5

Fourierovské koeficienty: 130,309 3,955 23,514 7,287 8,648 2,214 0,  
375 2,668 1,5301,209 0,569

Měření číslo: 4

Splyvavost= 33,02 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 100,18 [mm] pro úhel= 98,09

maximum= 150,96 [mm] pro úhel=150,65

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

146,3 145,4 145,5 145,6 132,2 111,6 101,9 101,6 111,9 136,8 151,0 147,9 146,5  
147,4 148,6 129,0 109,5104,3 108,4

122,6 141,8 144,2 143,6 146,3 146,3

Fourierovské koeficienty: 132,093 3,530 21,506 7,996 6,936 3,938 1,  
005 2,463 0,4681,381 0,473

Měření číslo: 5

Splyvavost= 34,85 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 96,34 [mm] pro úhel=276,30

maximum= 149,82 [mm] pro úhel= 30,66

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

145,4 147,1 149,8 147,8 130,0 107,6 97,9 99,2 112,2 139,4 148,6 146,5 147,2  
147,3 147,6 147,0 126,0105,8 97,3

99,3 112,4 139,4 149,1 146,2 145,4

Fourierovské koeficienty: 130,736 0,669 25,976 0,649 10,844 0,115 1,  
415 0,135 2,4840,301 0,223

Měření číslo: 6

Splyvavost= 34,99 [%]

Minimalní a maximální hloubka vlny:

minimum= 97,73 [mm] pro úhel=265,16

maximum= 151,56 [mm] pro úhel=321,12

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

146,6 145,4 146,8 146,5 125,5 105,5 98,4 100,6 113,8 141,1 149,9 147,7 146,4

146,8 147,1 143,0 117,0 102,5 98,1

105,6 121,5 146,1 149,5 146,5 146,6

Fourierovské koeficienty: 130,724 1,277 25,442 2,547 10,136 0,801 1,

740 0,778 2,388 0,263 0,651

Měření číslo: 7

Splyvavost= 35,85 [%]

Minimalní a maximální hloubka vlny:

minimum= 97,12 [mm] pro úhel=264,43

maximum= 312,42 [mm] pro úhel= 83,64

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

146,4 175,9 205,7 235,5 265,4 295,2 100,9 107,9 130,8 146,4 142,2 143,1 146,4

146,8 148,3 142,4 114,7 101,0 97,4

104,7 122,6 145,4 147,1 145,9 146,4

Fourierovské koeficienty: 153,171 43,618 30,827 26,556 21,641 13,995 12,

195 11,964 8,436 6,953 6,310

Průměrné velikiny:

Průměrná splyvavost= 34,91 [%]

minimální hloubka= 685,31 [mm]

maximální hloubka=1212,38 [mm]

Průměrná délka obvodu= 972,63 [mm]

Průměrné hloubky

úhel hloubka vlny [mm]

0,0 146,72

15,0 150,41

30,0 156,07

45,0 154,74

60,0 141,30

75,0 132,03

90,0 100,45

105,0 105,89

120,0 122,53

135,0 142,64

150,0 147,18

165,0 146,20

180,0 146,71

195,0 146,90

210,0 147,61

225,0 135,82

240,0 113,06

255,0 101,84

270,0 100,52

285,0 110,18

300,0 128,36

315,0 145,63

330,0 146,33

345,0 146,14

360,0 146,72

Průměrné fourierovské koeficienty: 134,114 7,933 25,250 6,854 11,071 3,

262 2,823 2,669 2,978 1,643



1,377

VZOREK 03

Měření číslo: 1

Splyvavost= 8,39 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 139,71 [mm] pro uhel= 63,57

maximum= 150,33 [mm] pro uhel=323,23

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

148,6 149,3 147,9 142,6 140,1 141,6 145,7 147,2 146,7 146,8 148,8 148,0 147,9  
146,7 144,5 143,1 144,6 143,5 141,9

142,5 147,5 149,7 149,0 148,3 148,6

Fourierovske koeficienty: 145,920 0,342 3,259 0,732 0,587 1,571 0,  
664 0,568 0,2030,074 0,224

Měření číslo: 2

Splyvavost= 13,93 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 131,67 [mm] pro uhel=292,47

maximum= 148,98 [mm] pro uhel=338,39

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

146,9 144,7 145,8 146,7 146,5 143,0 136,1 134,6 137,4 146,4 147,9 147,2 144,5  
144,5 144,3 145,1 146,0 145,6 140,2

133,6 132,2 139,3 147,6 148,7 146,9

Fourierovske koeficienty: 143,114 0,601 4,865 1,455 4,061 1,369 0,  
816 0,259 0,1890,252 0,105

Měření číslo: 3

Splyvavost= 11,36 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 139,44 [mm] pro uhel=233,85

maximum= 148,52 [mm] pro uhel= 75,55

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

146,1 148,4 144,8 143,8 146,1 148,4 146,1 142,7 140,5 144,5 146,7 145,6 144,6  
144,5 144,9 139,9 140,4 144,6 141,7

142,3 146,7 145,6 145,1 144,1 146,1

Fourierovske koeficienty: 144,463 1,456 1,034 1,181 0,676 1,046 1,  
302 0,698 0,3910,442 0,250

Měření číslo: 4

Splyvavost= 10,82 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 137,02 [mm] pro uhel=292,94

maximum= 150,64 [mm] pro uhel=134,35

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

144,9 145,7 144,7 143,8 145,1 146,2 143,0 142,2 144,0 150,6 148,5 147,9 146,1  
145,7 147,3 145,3 144,7 146,5 142,9

138,3 137,6 140,6 144,4 146,0 144,9

Fourierovske koeficienty: 144,717 2,377 2,025 1,251 1,857 0,851 1,  
027 0,361 0,4060,457 0,318

Měření číslo: 5

Splyvavost= 13,12 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:  
 minimum= 123,19 [mm] pro uhel=265,77  
 maximum= 151,25 [mm] pro uhel=176,84

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

148,1 147,3 146,0 145,2 144,8 147,0 146,4 144,9 143,7 148,7 149,5 149,9 150,0  
 146,9 146,8 143,4 133,1125,3 123,8

127,3 136,6 147,7 150,4 147,8 148,1

Fourierovske koeficienty: 143,382 6,649 7,293 4,245 2,104 1,487 0,  
 752 0,466 0,6770,271 0,336

Mereni cislo: 6

Splyvavost= 9,32 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 141,20 [mm] pro uhel=111,17

maximum= 148,93 [mm] pro uhel=149,92

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

146,1 145,9 145,7 143,0 143,6 146,1 145,4 142,1 143,0 145,6 148,9 147,5 146,0  
 146,8 146,4 145,6 147,0147,5 147,0

145,6 142,7 142,4 144,3 147,0 146,1

Fourierovske koeficienty: 145,478 1,125 0,943 0,796 1,383 0,602 0,  
 883 0,547 0,3960,042 0,131

Mereni cislo: 7

Splyvavost= 11,28 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 136,85 [mm] pro uhel= 88,50

maximum= 148,43 [mm] pro uhel=353,62

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

146,9 144,5 143,1 145,6 146,1 140,2 137,0 139,8 143,8 145,6 147,8 145,3 146,1  
 144,6 144,0 143,7 145,2142,4 144,0

146,8 147,4 145,7 144,3 146,2 146,9

Fourierovske koeficienty: 144,504 1,308 1,958 1,402 1,128 1,172 1,  
 502 0,257 0,4540,360 0,068

Mereni cislo: 8

Splyvavost= 14,42 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 130,50 [mm] pro uhel=270,33

maximum= 151,24 [mm] pro uhel=126,77

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

146,0 144,6 141,4 141,2 141,4 136,3 136,0 142,0 151,1 149,6 148,4 149,3 146,4  
 144,3 144,2 143,8 139,9133,3 130,5

133,9 139,5 149,7 148,6 145,9 146,0

Fourierovske koeficienty: 142,843 2,339 6,381 1,728 3,058 0,557 1,  
 220 1,142 0,2420,528 0,260

Mereni cislo: 9

Splyvavost= 10,14 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 137,72 [mm] pro uhel=267,70

maximum= 149,12 [mm] pro uhel=168,40

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

146,9 146,2 145,1 144,9 141,6 140,3 143,8 147,6 147,9 145,5 145,3 148,1 146,9  
147,1 146,3 144,8 147,2 141,9 138,1

138,8 144,1 148,1 147,8 146,0 146,9

Fourierovské koeficienty: 145,062 1,001 2,726 1,620 1,066 1,721 0,  
564 0,442 0,24 10,612 0,313

Měření číslo: 10

Splyvavost= 12,92 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 132,49 [mm] pro úhel= 97,64

maximum= 149,60 [mm] pro úhel=337,53

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

146,2 147,5 146,1 146,6 145,5 140,5 133,8 133,4 136,6 144,9 148,7 148,2 145,0  
146,5 146,8 146,0 139,5 137,1 136,6

139,8 144,3 148,5 149,4 148,8 146,2

Fourierovské koeficienty: 143,624 1,555 5,647 1,665 2,877 1,414 0,  
469 0,152 0,23 00,277 0,221

Průměrné velikiny:

Průměrná splyvavost= 11,57 [%]

minimální hloubka=1349,78 [mm]

maximální hloubka=1497,04 [mm]

Průměrná délka obvodu= 912,19 [mm]

Průměrné hloubky

úhel hloubka vlny [mm]

0,0 146,65  
15,0 146,40  
30,0 145,06  
45,0 144,33  
60,0 144,07  
75,0 142,95  
90,0 141,33  
105,0 141,66  
120,0 143,47  
135,0 146,82  
150,0 148,04  
165,0 147,70  
180,0 146,35  
195,0 145,78  
210,0 145,54  
225,0 144,07  
240,0 142,76  
255,0 140,78  
270,0 138,66  
285,0 138,88  
300,0 141,88  
315,0 145,72  
330,0 147,08  
345,0 146,88  
360,0 146,65

Průměrné fourierovské koeficienty: 144,311 1,875 3,613 1,608 1,880 1,  
179 0,920 0,48 90,343 0,332

0,223

VZOREK 04

Měření číslo: 1

Splyvavost= 79,97 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 90,97 [mm] pro úhel= 72,62

maximum= 127,13 [mm] pro úhel=198,44

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

122,2 101,1 97,2 121,6 93,7 91,3 110,4 113,5 92,1 95,1 120,9 93,6 94,9  
125,4 99,6 94,4 120,194,6 94,9

119,6 103,6 101,3 109,5 94,1 122,2

Fourierovske koeficienty: 104,251 1,491 0,842 0,677 2,680 1,664 1,  
592 8,354 9,4845,589 2,968

Mereni cislo: 2

Splyvavost= 80,98 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 91,33 [mm] pro uhel= 64,54

maximum= 124,45 [mm] pro uhel=183,65

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

117,4 92,6 110,5 109,4 91,5 100,5 122,0 94,3 93,2 120,4 94,4 94,8 123,1  
99,7 92,0 116,8 94,792,2 115,5

106,1 93,1 119,4 95,9 102,4 117,4

Fourierovske koeficienty: 103,588 0,812 1,093 0,392 1,671 0,235 1,  
790 5,747 12,0954,143 2,436

Mereni cislo: 3

Splyvavost= 81,24 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 91,25 [mm] pro uhel=302,33

maximum= 124,89 [mm] pro uhel=278,04

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

119,1 94,6 96,5 110,2 92,2 100,4 121,9 93,3 94,0 119,3 94,6 101,1 121,4  
94,2 97,2 123,0 92,993,1 111,7

113,9 92,8 103,5 107,0 94,0 119,1

Fourierovske koeficienty: 103,394 0,622 0,785 0,898 2,094 1,970 3,  
698 5,110 11,2803,956 4,065

Mereni cislo: 4

Splyvavost= 80,66 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 90,92 [mm] pro uhel=334,59

maximum= 124,30 [mm] pro uhel=176,86

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

120,3 94,4 106,3 106,5 95,5 120,9 96,2 92,1 103,3 115,9 92,4 100,2 123,1  
94,4 100,4 120,6 93,299,2 120,3

96,7 93,4 118,2 93,7 98,7 120,3

Fourierovske koeficienty: 103,799 0,247 1,406 1,042 0,758 2,324 1,  
976 4,839 12,4143,267 3,414

Mereni cislo: 5

Splyvavost= 80,82 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 90,84 [mm] pro uhel=296,27

maximum= 125,95 [mm] pro uhel=271,45

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

119,7 95,6 103,0 101,8 92,9 121,4 98,8 91,8 96,0 121,8 93,2 95,6 123,6  
96,7 97,4 119,6 92,995,0 125,9

102,8 91,7 100,4 106,4 95,7 119,7  
 Fourierovské koeficienty: 103,674 0,565 1,252 0,749 2,349 3,678 2,  
 933 7,008 9,9612,332 5,092

Měření číslo: 6

Splyvavost= 81,05 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 90,74 [mm] pro  $\alpha=302,96$

maximum= 126,24 [mm] pro  $\alpha=82,92$

Hloubka vlny pro  $\alpha$  0 až 360 stupňů po 15 stupních:

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

113,0 93,4 121,3 93,9 93,4 113,4 115,5 92,6 92,3 118,0 95,3 93,0 122,2  
 99,7 95,9 119,6 93,595,2 124,2

104,7 90,9 98,4 110,5 100,1 113,0

Fourierovské koeficienty: 103,508 0,854 0,885 0,486 3,949 1,874 5,  
 632 7,725 8,3623,019 3,539

Měření číslo: 7

Splyvavost= 80,81 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 91,01 [mm] pro  $\alpha=60,49$

maximum= 128,20 [mm] pro  $\alpha=282,07$

Hloubka vlny pro  $\alpha$  0 až 360 stupňů po 15 stupních:

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

105,1 110,7 94,3 112,8 91,1 115,5 102,1 91,9 97,4 116,8 92,8 96,1 125,6  
 95,2 95,9 123,6 94,293,2 104,0

124,3 96,6 92,6 119,4 98,1 105,1

Fourierovské koeficienty: 103,677 1,375 0,788 0,673 1,974 3,712 1,  
 765 10,417 5,9924,340 4,581

Měření číslo: 8

Splyvavost= 81,36 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 90,59 [mm] pro  $\alpha=109,30$

maximum= 124,47 [mm] pro  $\alpha=266,89$

Hloubka vlny pro  $\alpha$  0 až 360 stupňů po 15 stupních:

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

110,7 92,8 116,8 94,7 91,7 117,3 103,6 91,3 94,1 117,2 91,1 95,6 122,8  
 94,9 98,1 116,9 93,6104,6 121,8

96,5 94,5 120,0 95,9 108,0 110,7

Fourierovské koeficienty: 103,314 2,254 0,498 0,417 2,539 1,322 3,  
 073 3,897 12,4073,776 2,825

Měření číslo: 9

Splyvavost= 80,77 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 91,20 [mm] pro  $\alpha=66,43$

maximum= 124,80 [mm] pro  $\alpha=178,23$

Hloubka vlny pro  $\alpha$  0 až 360 stupňů po 15 stupních:

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

103,4 101,7 94,9 114,7 91,6 97,6 122,1 96,0 94,6 122,3 94,9 96,0 124,4  
 95,6 96,2 111,3 93,6115,3 96,9

97,3 118,6 93,3 104,7 112,8 103,4

Fourierovské koeficienty: 103,780 0,436 1,617 0,769 2,102 0,672 0,  
 813 6,301 6,4938,207 4,714

Měření číslo: 10

Splyvavost= 80,70 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:  
 minimum= 90,94 [mm] pro uhel= 64,41  
 maximum= 126,76 [mm] pro uhel=184,01

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

100,1 108,5 93,4 115,8 91,9 94,0 121,9 97,2 94,2 122,5 95,7 96,0 122,7  
 104,2 93,3 110,5 98,8 102,6 108,4

92,3 120,1 97,6 102,5 112,7 100,1

Fourierovske koeficienty: 103,848 0,874 1,634 0,816 1,298 1,986 0,  
 701 6,251 7,0015,380 5,666

Prumerne veliciny:

Prumerna splyvavost= 80,84 [%]

minimalni hloubka= 909,79 [mm]

maximalni hloubka=1257,20 [mm]

Prumerna delka obvodu= 855,82 [mm]

Prumerne hloubky

uhel hloubka vlny [mm]

0,0 113,11  
 15,0 98,54  
 30,0 103,41  
 45,0 108,14  
 60,0 92,55  
 75,0 107,23  
 90,0 111,44  
 105,0 95,41  
 120,0 95,11  
 135,0 116,94  
 150,0 96,53  
 165,0 96,20  
 180,0 120,39  
 195,0 100,00  
 210,0 96,61  
 225,0 115,63  
 240,0 96,75  
 255,0 98,51  
 270,0 112,36  
 285,0 105,43  
 300,0 99,54  
 315,0 104,48  
 330,0 104,55  
 345,0 101,67  
 360,0 113,11

Prumerne fourierovske koeficienty: 103,683 0,953 1,080 0,692 2,141 1,  
 944 2,397 6,5659,549 4,401

3,930

VZOREK 05

Mereni cislo: 1

Splyvavost= 69,76 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 92,78 [mm] pro uhel= 70,93

maximum= 132,27 [mm] pro uhel= 4,03

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

131,4 111,5 101,4 122,6 105,2 93,3 110,6 121,6 103,5 112,3 117,7 104,4 126,8  
 111,1 102,7 123,4 98,2 97,3 119,4

117,4 99,9 113,0 116,3 102,1 131,4

Fourierovske koeficienty: 111,134 0,190 4,007 0,919 2,591 1,686 3,  
 628 2,283 12,3410,560 4,048

Měření číslo: 2

Splyvavost= 71,98 [%]

Minimalní a maximální hloubka vlny:

minimum= 92,34 [mm] pro úhel= 62,61

maximum= 133,09 [mm] pro úhel=358,13

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

129,7 104,5 116,1 114,2 92,9 109,7 118,1 101,6 98,6 125,5 102,0 101,2 127,9

105,2 106,9 123,7 94,8 111,2 117,3

99,5 100,0 125,3 100,9 108,0 129,7

Fourierovské koeficienty: 109,692 0,819 3,477 1,416 2,281 0,492 2,

967 1,674 12,5332,066 3,516

Měření číslo: 3

Splyvavost= 71,09 [%]

Minimalní a maximální hloubka vlny:

minimum= 93,13 [mm] pro úhel=241,65

maximum= 133,74 [mm] pro úhel= 0,18

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

133,7 106,3 105,2 127,1 103,9 110,2 115,2 96,2 101,8 125,3 102,2 106,1 128,8

104,7 116,9 112,3 93,4 101,7 122,9

97,4 95,3 122,8 112,4 107,8 133,7

Fourierovské koeficienty: 110,231 2,234 5,467 1,262 1,386 3,494 2,

340 2,968 11,7163,442 2,706

Měření číslo: 4

Splyvavost= 69,88 [%]

Minimalní a maximální hloubka vlny:

minimum= 92,48 [mm] pro úhel= 68,46

maximum= 133,27 [mm] pro úhel= 2,81

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

133,2 110,5 110,1 124,9 95,7 93,5 112,8 118,3 99,7 117,7 107,6 111,6 128,7

103,8 108,5 124,9 99,0 116,0 110,7

94,7 108,8 129,0 103,7 103,0 133,2

Fourierovské koeficienty: 111,007 0,875 4,948 1,408 1,996 5,354 0,

705 5,621 10,5692,823 3,901

Měření číslo: 5

Splyvavost= 63,28 [%]

Minimalní a maximální hloubka vlny:

minimum= 91,51 [mm] pro úhel= 79,19

maximum= 135,64 [mm] pro úhel=359,28

Hloubka vlny pro úhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

úhel hloubka vlny [mm]

135,0 112,8 113,9 133,8 104,4 91,8 94,2 109,8 134,3 113,2 100,3 119,3 133,5

113,1 121,6 117,4 102,6 119,6 123,6

106,7 100,6 130,3 115,4 115,4 135,0

Fourierovské koeficienty: 115,087 2,477 6,902 3,329 3,281 8,800 4,

097 6,592 7,6342,901 2,782

Měření číslo: 6

Splyvavost= 63,46 [%]

Minimalní a maximální hloubka vlny:

minimum= 92,47 [mm] pro úhel=108,32

maximum= 134,30 [mm] pro úhel=184,31

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

121,6 112,1 131,7 104,8 106,5 123,0 119,0 93,1 93,5 121,9 112,5 108,4 132,9  
123,2 113,9 128,7 105,3 107,7 120,9

121,2 103,3 120,2 117,9 119,1 121,6

Fourierovske koeficienty: 115,201 3,609 6,124 2,644 2,877 2,913 4,  
539 6,862 6,166 3,330 4,004

Mereni cislo: 7

Splyvavost= 64,03 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 92,25 [mm] pro uhel= 71,83

maximum= 134,59 [mm] pro uhel= 8,99

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

125,0 121,6 107,5 124,8 106,9 92,6 107,6 124,5 112,6 119,5 118,5 110,2 133,4  
112,8 111,2 129,3 100,1 102,7 119,4

119,6 101,1 112,6 127,5 110,9 125,0

Fourierovske koeficienty: 114,798 0,552 6,070 1,806 2,631 2,803 4,  
340 3,343 9,915 2,346 4,608

Mereni cislo: 8

Splyvavost= 63,70 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 92,69 [mm] pro uhel=110,49

maximum= 136,47 [mm] pro uhel=356,81

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

133,5 111,9 122,6 119,6 104,9 123,6 112,2 93,2 98,1 128,9 107,9 112,6 132,9  
113,7 120,6 124,2 106,9 120,7 115,6

99,2 100,8 131,1 113,7 114,8 133,5

Fourierovske koeficienty: 114,968 1,558 7,270 0,935 3,207 0,163 5,  
398 1,379 10,126 0,487 5,017

Mereni cislo: 9

Splyvavost= 63,05 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 98,29 [mm] pro uhel=298,82

maximum= 135,74 [mm] pro uhel=180,96

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

134,0 108,2 112,3 128,5 99,3 106,6 119,8 111,0 101,9 130,9 111,4 113,5 135,7  
111,9 115,6 132,2 105,3 112,2 122,1

111,4 98,3 128,0 111,6 111,1 134,0

Fourierovske koeficienty: 115,459 1,968 4,543 0,803 1,082 0,984 1,  
913 0,345 11,870 0,568 3,352

Mereni cislo: 10

Splyvavost= 64,66 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 91,83 [mm] pro uhel= 76,18

maximum= 136,08 [mm] pro uhel=354,89

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

132,2 103,3 112,8 131,0 99,2 91,9 96,1 121,5 131,7 110,3 99,0 120,6 131,2  
111,2 118,3 125,8 97,9 104,4 122,3



120,1 102,6 127,3 116,3 118,6 132,2

Fourierovské koeficienty: 114,205 2,346 6,292 1,173 5,184 7,691 7,951 5,236 7,0082,966 3,733

Průměrné velikiny:

Průměrná splyvavost= 66,49 [%]

minimální hloubka= 929,77 [mm]

maximální hloubka=1345,19 [mm]

Průměrná délka obvodu= 859,72 [mm]

Průměrné hloubky

uhel hloubka vlny [mm]

0,0 130,95

15,0 110,28

30,0 113,35

45,0 123,12

60,0 101,89

75,0 103,63

90,0 110,57

105,0 109,08

120,0 107,58

135,0 120,55

150,0 107,90

165,0 110,80

180,0 131,19

195,0 111,06

210,0 113,61

225,0 124,16

240,0 100,35

255,0 109,35

270,0 119,41

285,0 108,72

300,0 101,07

315,0 123,95

330,0 113,56

345,0 111,09

360,0 130,95

Průměrné fourierovské koeficienty: 113,178 1,663 5,510 1,570 2,652 3,438 3,788 3,6309,988 2,149

3,767

VZOREK 06

Měření číslo: 1

Splyvavost= 48,09 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 105,43 [mm] pro uhel= 79,02

maximum= 141,32 [mm] pro uhel=316,29

Hloubka vlny pro uhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

uhel hloubka vlny [mm]

136,3 121,1 120,8 136,4 118,5 106,5 110,6 127,6 134,8 125,4 134,7 118,8 122,9

137,4 122,8 124,9 139,6126,9 110,4

107,9 117,4 140,2 126,6 121,9 136,3

Fourierovské koeficienty: 124,458 1,806 4,894 4,487 5,901 4,954 4,087 5,221 3,2003,597 1,636

Měření číslo: 2

Splyvavost= 49,50 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 106,00 [mm] pro uhel= 82,99

maximum= 140,37 [mm] pro uhel=325,41

Hloubka vlny pro uhly 0 až 360 stupňů po 15 stupních:

uhel hloubka vlny [mm]

117,0 132,6 126,9 118,6 127,9 109,3 108,2 126,4 129,6 115,9 125,1 131,2 115,7  
120,0 136,6 125,6 133,3 115,5 116,1

131,2 122,0 128,6 136,7 120,4 117,0

Fourierovské koeficienty: 123,755 2,821 2,866 1,045 5,257 1,951 2,  
588 4,523 6,276 1,809 1,520

Měření číslo: 3

Splyvavost= 50,59 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 102,33 [mm] pro  $\alpha = 306,64$

maximum= 144,86 [mm] pro  $\alpha = 341,68$

Hloubka vlny pro  $\alpha$  0 až 360 stupňů po 15 stupních:

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

125,2 120,6 131,7 132,8 113,0 106,4 114,3 132,6 130,8 120,4 131,0 125,7 117,6  
129,8 129,3 115,8 116,4 134,0 132,4

111,4 103,5 104,1 124,5 142,1 125,2

Fourierovské koeficienty: 122,907 2,137 4,669 7,211 2,245 8,329 6,  
202 3,837 3,535 1,481 1,697

Měření číslo: 4

Splyvavost= 50,87 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 109,34 [mm] pro  $\alpha = 96,10$

maximum= 139,60 [mm] pro  $\alpha = 174,91$

Hloubka vlny pro  $\alpha$  0 až 360 stupňů po 15 stupních:

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

118,7 130,3 126,6 111,4 119,6 129,1 111,6 113,5 133,6 123,7 115,8 127,0 133,1  
117,7 120,4 136,1 121,3 109,6 116,2

135,6 120,5 114,5 126,5 134,6 118,7

Fourierovské koeficienty: 122,937 0,655 3,756 0,650 0,831 2,355 3,  
460 9,392 2,719 1,158 0,622

Měření číslo: 5

Splyvavost= 46,46 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 110,66 [mm] pro  $\alpha = 286,81$

maximum= 144,35 [mm] pro  $\alpha = 324,70$

Hloubka vlny pro  $\alpha$  0 až 360 stupňů po 15 stupních:

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

114,9 120,9 139,0 124,9 112,2 118,3 135,0 123,1 119,7 135,4 123,6 126,5 135,0  
122,4 133,3 123,6 122,1 135,2 122,0

110,8 116,4 130,7 140,4 125,5 114,9

Fourierovské koeficienty: 125,497 1,556 2,780 1,738 2,317 6,282 6,  
417 1,602 3,706 3,080 2,205

Měření číslo: 6

Splyvavost= 49,25 [%]

Minimální a maximální hloubka vlny:

minimum= 102,84 [mm] pro  $\alpha = 73,39$

maximum= 141,92 [mm] pro  $\alpha = 331,36$

Hloubka vlny pro  $\alpha$  0 až 360 stupňů po 15 stupních:

$\alpha$  hloubka vlny [mm]

114,2 118,7 131,5 131,9 111,0 103,0 110,1 130,5 126,9 119,1 134,9 121,3 125,5  
134,0 118,3 126,0 133,9 116,3 112,0

127,1 131,1 125,2 141,7 124,9 114,2

Fourierovské koeficienty: 123,805 3,008 4,888 0,273 6,217 5,585 4,  
184 4,132 4,527 1,905 3,158

Měření číslo: 7

Splyvavost= 48,52 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 106,29 [mm] pro uhel= 69,20

maximum= 141,80 [mm] pro uhel=335,09

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

116,4 121,0 136,4 125,7 110,1 108,0 119,4 136,7 122,4 119,7 135,6 123,1 116,3  
129,8 129,2 117,6 126,3 133,6 117,6

127,8 124,0 119,5 136,5 128,5 116,4

Fourierovske koeficienty: 124,320 2,317 2,547 2,602 2,427 4,502 5,  
483 4,454 5,425 0,900 1,618

Měření číslo: 8

Splyvavost= 48,97 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 106,22 [mm] pro uhel=276,79

maximum= 145,00 [mm] pro uhel=319,66

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

114,4 124,4 140,8 119,9 118,1 129,9 115,3 117,3 136,3 119,4 115,5 129,5 134,2  
120,1 118,0 130,4 139,1 118,5 107,6

108,7 122,2 142,7 134,9 120,7 114,4

Fourierovske koeficienty: 123,948 0,276 3,579 2,804 5,645 8,171 3,  
289 6,188 2,445 2,257 0,766

Měření číslo: 9

Splyvavost= 49,70 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 103,42 [mm] pro uhel= 82,37

maximum= 141,46 [mm] pro uhel=183,38

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

122,5 117,4 127,3 138,9 117,2 105,5 105,5 118,2 141,1 125,6 117,5 122,1 138,4  
129,2 114,7 115,0 126,8 138,9 119,8

113,0 126,6 126,5 121,2 138,5 122,5

Fourierovske koeficienty: 123,527 2,219 4,288 3,543 1,941 9,153 5,  
344 3,383 3,631 1,282 1,035

Měření číslo: 10

Splyvavost= 47,77 [%]

Minimalni a maximalni hloubka vlny:

minimum= 104,44 [mm] pro uhel=276,91

maximum= 142,02 [mm] pro uhel=235,02

Hloubka vlny pro uhly 0 az 360 stupnu po 15 stupnich:

uhel hloubka vlny [mm]

115,3 115,2 125,1 139,8 120,2 122,1 129,2 118,7 126,3 133,5 121,6 135,2 126,1  
114,4 121,5 133,2 137,1 116,7 106,2

107,7 126,5 133,4 129,0 137,8 115,3

Fourierovske koeficienty: 124,672 2,034 2,925 3,074 8,303 4,307 3,  
403 3,646 4,424 1,369 2,858

Prumerne veliciny:

Prumerne splyvavost= 48,97 [%]

minimalni hloubka=1056,98 [mm]

maximalni hloubka=1422,71 [mm]

Prumerne delka obvodu= 851,39 [mm]

Prumerne hloubky  
uhel hloubka vlny [mm]

0,0	119,48
15,0	122,22
30,0	130,62
45,0	128,02
60,0	116,78
75,0	113,80
90,0	115,93
105,0	124,45
120,0	130,14
135,0	123,80
150,0	125,52
165,0	126,03
180,0	126,47
195,0	125,46
210,0	124,40
225,0	124,83
240,0	129,59
255,0	124,53
270,0	116,03
285,0	118,11
300,0	121,04
315,0	126,54
330,0	131,82
345,0	129,51
360,0	119,48

Prumerne fourierovske koeficienty: 123,983    1,883    3,719    2,743    4,108    5,  
559    4,446    4,6383,989    1,884    1,712

# PŘÍLOHA Č. 4

## TAHOVÉ VLASTNOSTI: TABULKY

Měření	E [N/m]	<interval> [mm]	WT [Nm/m <sup>2</sup> ]	WOT [Nm/m <sup>2</sup> ]	LT	F_m [N]	prodl [mm]
01-01-01	59573 (285)	<3 4>	6,741	10,384	0,649	263,78	7,72
01-01-02	53681 (289)	<3 4>	6,694	10,366	0,645	260,47	7,99
01-01-03	55269 (285)	<3 4>	6,235	10,027	0,621	265,35	7,80
01-01-04	55220 (285)	<3 4>	5,988	9,557	0,626	254,21	7,40
01-01-05	62270 (285)	<3 4>	5,516	9,414	0,585	266,22	6,82
01-02-01	8945 (290)	<2,5 3,5>	27,608	28,190	0,979	94,54	14,70
01-02-02	12595 (290)	<2,5 3,5>	11,626	17,613	0,660	73,48	11,41
01-02-03	11658 (290)	<2,5 3,5>	12,281	17,853	0,687	155,48	19,01
01-02-04	16250 (290)	<2,5 3,5>	9,486	14,820	0,640	76,96	10,94
01-02-05	16833 (290)	<2,5 3,5>	9,502	15,435	0,615	76,09	9,10
01-03-01	13041 (581)	<19 21>	36,789	67,355	0,546	178,64	26,18
01-03-02	18166 (576)	<19 21>	32,187	59,150	0,544	227,74	24,97
01-03-03	20754 (576)	<19 21>	31,067	56,951	0,545	266,92	25,58
01-03-04	20161 (576)	<19 21>	31,056	59,422	0,522	201,62	23,47
01-03-05	21389 (578)	<19 21>	28,834	55,934	0,515	223,74	23,52
01-04-01	34934 (285)	<7 8>	12,296	20,903	0,588	248,81	11,83
01-04-02	36268 (290)	<7 8>	12,422	21,369	0,581	252,29	11,64
01-04-03	34863 (290)	<7 8>	12,704	21,698	0,585	239,58	11,62
01-04-04	33560 (291)	<7 8>	12,545	22,628	0,554	228,09	11,63
01-04-05	29692 (286)	<7 8>	13,075	23,028	0,567	198,49	11,18
01-05-01	65467 (285)	<7 8>	9,431	15,439	0,610	439,99	10,25
01-05-02	62103 (290)	<7 8>	9,522	15,296	0,622	414,04	10,11
01-05-03	68416 (285)	<7 8>	9,650	16,183	0,596	422,92	9,90
01-05-04	61068 (290)	<7 8>	10,269	16,602	0,618	415,61	11,15
01-05-05	64975 (290)	<7 8>	10,473	17,009	0,615	421,36	10,95
01-06-01	46755 (289)	<7 8>	11,202	19,272	0,581	324,20	11,25
01-06-02	38908 (285)	<7 8>	11,655	19,171	0,607	255,60	12,16
01-06-03	45645 (289)	<7 8>	10,670	17,021	0,626	279,63	9,86
01-06-04	42027 (284)	<7 8>	11,532	18,840	0,612	275,27	10,67
01-06-05	54425 (290)	<7 8>	10,591	16,965	0,624	354,50	10,59
01-07-01	7855 (285)	<7 8>	21,274	35,093	0,606	342,13	36,02
01-07-02	11662 (289)	<7 8>	18,729	33,118	0,565	166,63	18,67
01-07-03	11216 (285)	<7 8>	18,221	30,080	0,605	134,42	16,80
01-07-04	6902 (290)	<7 8>	18,594	30,733	0,605	84,10	12,92
01-07-05	11188 (285)	<7 8>	16,490	27,819	0,592	89,32	12,77
01-08-01	15168 (867)	<15 18>	31,372	57,003	0,550	240,28	25,21
01-08-02	16518 (867)	<15 18>	29,375	55,990	0,524	233,84	23,57
01-08-03	16643 (864)	<15 18>	30,062	55,923	0,537	246,55	24,83
01-08-04	14760 (862)	<15 18>	30,173	57,911	0,521	201,10	23,25
01-08-05	19147 (866)	<15 18>	28,837	53,424	0,539	140,16	18,51
01-09-01	14854 (286)	<2,5 3,5>	9,471	14,127	0,670	80,96	11,77
01-09-02	17822 (286)	<2,5 3,5>	7,716	11,793	0,654	80,44	9,94
01-09-03	26064 (290)	<2,5 3,5>	7,344	11,787	0,623	95,41	9,64
01-09-04	27643 (290)	<2,5 3,5>	7,044	11,916	0,591	71,39	6,12
01-09-05	30637 (290)	<2,5 3,5>	6,682	11,174	0,598	89,32	6,61
01-10-01	85850 (290)	<3 4>	4,511	7,129	0,632	340,57	6,32
01-10-02	93285 (286)	<3 4>	4,382	6,930	0,632	369,47	6,36
01-10-03	82759 (292)	<3 4>	4,947	8,392	0,589	346,49	6,83
01-10-04	98386 (290)	<3 4>	4,576	6,660	0,687	442,77	6,31
01-10-05	102361 (290)	<3 4>	4,557	7,076	0,644	468,37	6,90
01-11-01	141792 (289)	<3 4>	4,277	6,694	0,638	519,73	6,28
01-11-02	146548 (289)	<3 4>	3,817	6,242	0,611	615,14	6,48
01-11-03	146355 (289)	<3 4>	4,071	6,652	0,612	604,18	6,57
01-11-04	128505 (289)	<3 4>	3,922	5,790	0,677	520,25	6,71

01-11-05	132763 (290)	<3 4>	4,259	5,963	0,714	528,61	6,75
01-12-01	93218 (579)	<6 8>	8,541	13,789	0,619	585,37	9,95
01-12-02	89399 (578)	<6 8>	8,687	13,693	0,634	578,75	10,68
01-12-03	83594 (579)	<6 8>	9,115	14,102	0,646	581,89	10,89
01-12-04	83594 (579)	<6 8>	9,115	14,102	0,646	581,89	10,89
01-12-05	91863 (579)	<6 8>	8,087	12,333	0,655	611,14	10,46
02-01-01	63733 (290)	<3 4>	4,367	6,822	0,640	260,13	5,98
02-01-02	83975 (290)	<3 4>	4,111	6,521	0,630	404,82	6,37
02-01-03	78830 (285)	<3 4>	4,433	7,143	0,620	336,74	6,61
02-01-04	83897 (290)	<3 4>	4,239	6,919	0,612	343,18	6,20
02-01-05	90691 (290)	<3 4>	4,651	8,077	0,575	344,75	6,32
02-02-01	11733 (290)	<3 4>	11,187	17,217	0,649	33,26	5,26
02-02-02	12455 (290)	<3 4>	10,432	16,172	0,645	101,51	19,05
02-02-03	11330 (290)	<3 4>	12,415	18,870	0,657	67,03	12,24
02-02-04	15274 (291)	<3 4>	8,995	14,373	0,625	75,22	10,48
02-02-05	15315 (290)	<3 4>	9,889	16,904	0,585	121,36	17,79
02-03-01	18064 (865)	<21 24>	34,955	63,956	0,546	208,07	25,31
02-03-02	18051 (869)	<21 24>	34,283	69,707	0,491	254,03	28,94
02-03-03	19099 (863)	<21 24>	34,344	66,503	0,516	268,14	28,43
02-03-04	17088 (866)	<21 24>	35,351	71,824	0,492	216,08	27,37
02-03-05	15475 (866)	<21 24>	36,357	73,091	0,497	250,20	30,39
02-04-01	12254 (580)	<9 11>	21,353	42,836	0,498	138,07	19,55
02-04-02	12254 (580)	<9 11>	21,353	42,836	0,498	138,07	19,55
02-04-03	15377 (577)	<9 11>	18,854	37,847	0,498	104,29	14,39
02-04-04	13562 (576)	<9 11>	19,492	37,884	0,514	100,46	14,79
02-04-05	14676 (581)	<9 11>	20,423	40,076	0,509	118,75	17,01
02-05-01	51451 (581)	<8 10>	15,019	25,636	0,585	376,61	13,38
02-05-02	45715 (577)	<8 10>	16,044	28,320	0,566	342,48	13,84
02-05-03	46854 (577)	<8 10>	15,852	28,894	0,548	319,67	12,99
02-05-04	43570 (577)	<8 10>	16,322	29,874	0,546	337,08	14,30
02-05-05	42537 (577)	<8 10>	15,712	29,007	0,541	292,16	13,14
02-06-01	46878 (577)	<9 11>	14,802	26,583	0,556	332,04	12,80
02-06-02	51393 (576)	<9 11>	14,975	27,088	0,552	360,07	13,17
02-06-03	48749 (577)	<9 11>	16,140	29,307	0,550	363,90	14,02
02-06-04	47718 (576)	<9 11>	17,336	31,363	0,552	323,85	13,81
02-06-05	43683 (576)	<9 11>	16,146	28,879	0,559	285,02	12,89
02-07-01	12179 (580)	<14 16>	32,578	58,968	0,552	190,48	22,81
02-07-02	12607 (580)	<14 16>	31,227	57,995	0,538	203,02	23,48
02-07-03	14056 (575)	<14 16>	20,160	39,562	0,509	158,62	17,62
02-07-04	15925 (575)	<14 16>	24,797	45,017	0,550	192,57	20,80
02-07-05	14986 (574)	<14 16>	22,320	41,977	0,531	144,69	17,91
02-08-01	23539 (579)	<18 20>	29,924	54,884	0,545	271,44	24,29
02-08-02	19982 (575)	<18 20>	31,160	52,164	0,597	233,49	23,00
02-08-03	21300 (575)	<18 20>	27,901	55,326	0,504	178,12	20,79
02-08-04	20685 (575)	<18 20>	32,745	58,500	0,559	220,60	23,61
02-08-05	16043 (575)	<18 20>	33,160	67,364	0,492	192,05	24,62
02-09-01	23088 (289)	<2 3>	6,659	10,568	0,630	54,15	4,63
02-09-02	2119 (289)	<2 3>	38,296	44,177	0,866	156,53	20,17
02-09-03	28364 (285)	<2 3>	6,476	10,084	0,642	80,96	7,37
02-09-04	25948 (290)	<2 3>	6,617	11,271	0,587	57,81	5,57
02-09-05	22421 (285)	<2 3>	6,462	10,623	0,608	76,09	8,14
02-10-01	118708 (290)	<2 3>	3,306	5,273	0,627	444,69	6,16
02-10-02	118708 (290)	<2 3>	3,306	5,273	0,627	444,69	6,16
02-10-03	106398 (290)	<2 3>	3,431	5,255	0,652	394,02	6,55
02-10-04	117469 (290)	<2 3>	3,791	5,766	0,657	436,33	6,01
02-10-05	118840 (289)	<2 3>	3,622	6,216	0,582	437,72	5,99

02-11-01	138416 (289)	<2,5 3,5>	3,376	4,934	0,684	558,21	5,92
02-11-02	142618 (290)	<2,5 3,5>	3,289	4,682	0,702	593,73	5,71
02-11-03	150704 (289)	<2,5 3,5>	3,111	4,803	0,647	671,56	6,04
02-11-04	148285 (290)	<2,5 3,5>	3,298	4,901	0,672	618,98	5,94
02-11-05	146014 (286)	<2,5 3,5>	3,513	5,116	0,686	605,39	6,22
02-12-01	75954 (577)	<8 10>	13,575	23,826	0,569	551,77	13,21
02-12-02	80654 (576)	<8 10>	13,191	23,398	0,563	597,04	13,10
02-12-03	81801 (580)	<8 10>	13,380	23,053	0,580	531,92	12,09
02-12-04	68545 (576)	<8 10>	15,268	27,184	0,561	442,08	12,79
02-12-05	72274 (576)	<8 10>	14,515	25,674	0,565	456,35	12,35
03-01-01	44983 (285)	<6 7>	12,760	19,916	0,640	305,57	10,89
03-01-02	47608 (290)	<6 7>	12,595	16,797	0,749	302,61	10,48
03-01-03	40241 (290)	<6 7>	13,073	17,195	0,760	235,58	9,91
03-01-04	46599 (284)	<6 7>	12,334	15,842	0,778	253,68	9,39
03-01-05	25777 (284)	<6 7>	14,060	17,808	0,789	161,40	11,02
03-02-01	8866 (579)	<9 11>	25,518	35,516	0,718	201,28	20,94
03-02-02	12784 (575)	<9 11>	22,546	31,754	0,710	187,87	17,54
03-02-03	13943 (575)	<9 11>	22,073	31,730	0,695	126,23	13,87
03-02-04	12847 (574)	<9 11>	21,365	31,412	0,680	200,06	18,83
03-02-05	12370 (581)	<9 11>	21,880	30,029	0,728	102,38	12,72
03-03-01	22856 (579)	<19 21>	34,381	49,793	0,690	255,77	23,36
03-03-02	20970 (575)	<19 21>	35,368	51,925	0,681	354,84	28,54
03-03-03	18760 (580)	<19 21>	38,080	55,068	0,691	318,98	29,04
03-03-04	19153 (574)	<19 21>	37,111	52,494	0,706	369,82	30,19
03-03-05	16788 (574)	<19 21>	40,626	60,639	0,669	320,72	30,55
03-04-01	17006 (577)	<12 14>	23,251	32,037	0,725	139,81	14,57
03-04-02	15737 (580)	<12 14>	22,994	31,802	0,723	141,56	14,79
03-04-03	16164 (579)	<12 14>	22,160	31,566	0,702	157,57	15,49
03-04-04	11817 (579)	<12 14>	29,031	39,336	0,738	223,74	22,79
03-04-05	6152 (574)	<12 14>	41,832	51,716	0,808	102,03	20,02
03-05-01	62439 (576)	<7,5 9,5>	14,330	20,717	0,691	354,84	10,94
03-05-02	67367 (580)	<7,5 9,5>	13,286	17,452	0,761	388,80	10,39
03-05-03	57017 (580)	<7,5 9,5>	16,123	20,942	0,769	340,04	11,31
03-05-04	60844 (580)	<7,5 9,5>	16,137	20,480	0,787	360,42	11,26
03-05-05	57963 (579)	<7,5 9,5>	15,989	20,572	0,777	359,55	11,63
03-06-01	47613 (290)	<7 8>	15,345	19,085	0,804	279,10	11,00
03-06-02	17644 (286)	<7 8>	21,086	26,819	0,786	138,77	12,42
03-06-03	51599 (285)	<7 8>	15,423	21,069	0,732	359,72	11,81
03-06-04	40330 (286)	<7 8>	16,468	21,439	0,768	246,20	11,25
03-06-05	53183 (286)	<7 8>	15,127	19,823	0,763	325,77	10,96
03-07-01	16883 (579)	<9 11>	19,329	27,193	0,710	168,02	14,06
03-07-02	16883 (579)	<9 11>	19,329	27,193	0,710	168,02	14,06
03-07-03	15833 (574)	<9 11>	21,383	30,397	0,703	150,78	14,18
03-07-04	13145 (574)	<9 11>	24,295	34,256	0,709	223,56	19,93
03-07-05	12308 (578)	<9 11>	24,537	35,940	0,682	159,14	17,09
03-08-01	23675 (579)	<18 20>	30,759	41,934	0,733	280,32	22,89
03-08-02	21905 (579)	<18 20>	31,248	44,120	0,708	320,54	25,08
03-08-03	24472 (574)	<18 20>	32,034	45,058	0,710	306,09	23,84
03-08-04	21595 (575)	<18 20>	33,835	48,344	0,699	341,26	26,91
03-08-05	22277 (579)	<18 20>	31,638	45,693	0,692	392,63	27,63
03-09-01	16743 (575)	<7 9>	17,446	23,066	0,756	139,12	11,64
03-09-02	14984 (576)	<7 9>	18,920	24,512	0,771	192,05	15,24
03-09-03	18541 (576)	<7 9>	15,808	21,026	0,751	139,64	10,73
03-09-04	12994 (575)	<7 9>	18,615	23,973	0,776	155,31	14,13
03-09-05	16171 (576)	<7 9>	18,098	24,395	0,741	172,90	14,50
03-10-01	48482 (286)	<6 7>	10,973	13,221	0,829	332,56	10,44



03-10-02	60089 (289)	<6 7>	9,955	12,428	0,801	330,99	8,98
03-10-03	61431 (288)	<6 7>	10,260	12,672	0,809	372,95	9,67
03-10-04	62949 (289)	<6 7>	10,161	12,615	0,805	368,77	9,41
03-10-05	67952 (289)	<6 7>	10,377	14,764	0,702	397,50	9,71
03-11-01	93342 (285)	<6 7>	9,791	12,228	0,800	581,37	10,51
03-11-02	99657 (289)	<6 7>	9,397	11,964	0,785	616,71	10,11
03-11-03	80760 (285)	<6 7>	9,391	12,022	0,781	514,68	10,13
03-11-04	76605 (289)	<6 7>	9,944	13,154	0,755	450,78	10,01
03-11-05	95203 (289)	<6 7>	8,649	10,418	0,830	597,56	9,92
03-12-01	75264 (285)	<7 8>	13,333	19,123	0,697	486,13	11,82
03-12-02	94160 (289)	<7 8>	12,857	16,974	0,757	675,39	12,81
03-12-03	85741 (286)	<7 8>	12,528	16,165	0,775	575,97	11,60
03-12-04	94367 (289)	<7 8>	12,701	18,014	0,705	605,57	12,11
03-12-05	91738 (289)	<7 8>	13,605	16,900	0,805	566,57	11,39
04-01-01	21143 (289)	<7 8>	13,447	25,549	0,526	142,60	11,69
04-01-02	20497 (289)	<7 8>	13,345	26,085	0,511	136,16	11,93
04-01-03	22064 (284)	<7 8>	13,597	25,925	0,524	139,12	11,16
04-01-04	22029 (288)	<7 8>	13,868	28,265	0,490	131,46	11,63
04-01-05	23012 (284)	<7 8>	13,264	25,604	0,518	160,88	12,72
04-02-01	9551 (578)	<7 9>	17,736	32,433	0,546	79,74	13,45
04-02-02	9775 (579)	<7 9>	18,572	35,527	0,522	75,22	13,38
04-02-03	9710 (578)	<7 9>	18,938	35,970	0,526	75,74	13,48
04-02-04	8536 (578)	<7 9>	20,909	38,316	0,545	94,72	17,70
04-02-05	7679 (577)	<7 9>	20,390	36,751	0,554	66,34	13,98
04-03-01	7748 (578)	<17 19>	38,014	72,884	0,521	74,35	21,62
04-03-02	7967 (577)	<17 19>	37,782	73,413	0,514	75,57	21,39
04-03-03	8358 (578)	<17 19>	37,553	73,637	0,509	89,32	22,85
04-03-04	8621 (578)	<17 19>	36,169	69,370	0,521	86,36	21,40
04-03-05	8088 (578)	<17 19>	38,695	75,994	0,509	74,87	21,79
04-04-01	9476 (579)	<16 18>	33,905	63,855	0,530	91,06	20,15
04-04-02	9508 (579)	<16 18>	34,224	65,229	0,524	85,66	20,28
04-04-03	9878 (575)	<16 18>	33,731	66,064	0,510	80,44	19,68
04-04-04	9362 (574)	<16 18>	34,236	66,900	0,511	84,27	20,25
04-04-05	9249 (573)	<16 18>	34,120	66,024	0,516	87,58	20,71
04-05-01	14181 (575)	<16 18>	30,547	55,772	0,547	143,30	20,21
04-05-02	12861 (576)	<16 18>	30,187	54,950	0,549	134,94	19,96
04-05-03	12571 (574)	<16 18>	30,885	55,547	0,556	127,10	20,22
04-05-04	12485 (574)	<16 18>	31,582	57,516	0,549	114,05	19,42
04-05-05	13171 (579)	<16 18>	29,637	54,158	0,547	136,33	19,84
04-06-01	8217 (577)	<14 16>	33,764	66,195	0,510	80,79	20,39
04-06-02	10148 (578)	<14 16>	31,649	60,381	0,524	100,29	20,64
04-06-03	9635 (578)	<14 16>	29,814	58,037	0,513	83,05	18,76
04-06-04	8891 (578)	<14 16>	31,888	60,947	0,523	82,36	19,42
04-06-05	9146 (578)	<14 16>	32,473	62,254	0,521	82,01	19,53
04-07-01	8130 (862)	<22 25>	44,892	86,854	0,516	130,59	31,37
04-07-02	8654 (862)	<22 25>	43,554	85,737	0,507	125,71	29,98
04-07-03	9147 (862)	<22 25>	42,698	83,390	0,512	131,98	29,87
04-07-04	8922 (867)	<22 25>	42,308	87,858	0,481	121,36	30,01
04-07-05	8471 (863)	<22 25>	44,868	88,150	0,509	122,05	30,57
04-08-01	5640 (578)	<12 14>	29,816	46,224	0,645	68,25	17,42
04-08-02	5783 (578)	<12 14>	25,944	43,730	0,593	62,68	16,11
04-08-03	6852 (574)	<12 14>	29,109	46,563	0,625	62,68	15,70
04-08-04	6259 (578)	<12 14>	29,926	49,927	0,599	67,73	17,00
04-08-05	6259 (578)	<12 14>	29,926	49,927	0,599	67,73	17,00
04-09-01	5448 (579)	<13 15>	36,773	55,776	0,659	62,68	18,53
04-09-02	5094 (573)	<13 15>	38,467	64,944	0,592	61,29	20,05

04-09-03	5385 (578)	<13 15>	34,537	53,561	0,644	65,82	18,73
04-09-04	5929 (578)	<13 15>	33,921	56,192	0,603	70,86	19,44
04-09-05	6444 (578)	<13 15>	32,657	50,743	0,643	63,55	17,25
04-10-01	21211 (580)	<6 8>	13,649	27,282	0,500	144,69	12,62
04-10-02	20524 (581)	<6 8>	13,140	25,700	0,511	127,80	11,21
04-10-03	21744 (579)	<6 8>	13,005	25,004	0,520	137,72	11,41
04-10-04	21171 (575)	<6 8>	12,912	25,433	0,507	133,02	11,53
04-10-05	23055 (575)	<6 8>	12,255	22,975	0,533	143,64	10,84
04-11-01	40282 (288)	<5 6>	10,469	19,535	0,535	276,14	12,49
04-11-02	41468 (289)	<5 6>	10,179	19,490	0,522	287,81	12,37
04-11-03	40868 (289)	<5 6>	10,359	20,550	0,504	305,05	13,39
04-11-04	38746 (288)	<5 6>	10,579	20,687	0,511	288,33	13,62
04-11-05	35466 (289)	<5 6>	10,676	20,564	0,519	240,63	13,09
04-12-01	15716 (573)	<13 15>	27,329	49,322	0,554	132,15	17,59
04-12-02	16018 (578)	<13 15>	27,897	50,699	0,550	162,27	20,53
04-12-03	17295 (577)	<13 15>	28,286	52,426	0,539	177,42	21,16
04-12-04	19253 (578)	<13 15>	26,111	47,556	0,549	211,20	20,97
04-12-05	19364 (578)	<13 15>	25,755	46,837	0,549	197,97	20,26
05-01-01	34416 (576)	<5 7>	11,533	18,832	0,612	203,54	11,29
05-01-02	11988 (576)	<5 7>	16,398	25,311	0,647	219,56	25,25
05-01-03	32832 (581)	<5 7>	11,844	19,505	0,607	201,80	12,10
05-01-04	33797 (576)	<5 7>	12,122	20,422	0,593	204,41	12,15
05-01-05	36774 (576)	<5 7>	11,504	18,754	0,613	238,54	12,46
05-02-01	11716 (575)	<10 12>	16,484	27,413	0,601	234,88	24,85
05-02-02	11418 (575)	<10 12>	16,360	27,975	0,584	262,22	25,84
05-02-03	11378 (580)	<10 12>	17,669	28,922	0,610	253,68	30,90
05-02-04	12189 (576)	<10 12>	16,359	28,034	0,583	216,77	21,22
05-02-05	10080 (576)	<10 12>	18,278	31,648	0,577	273,53	29,86
05-03-01	13660 (866)	<15 18>	27,816	52,674	0,528	213,29	26,22
05-03-02	15749 (867)	<15 18>	26,957	49,256	0,547	251,59	28,15
05-03-03	14063 (864)	<15 18>	26,349	48,602	0,542	211,37	26,42
05-03-04	16631 (868)	<15 18>	26,923	48,546	0,554	242,54	25,79
05-03-05	15784 (868)	<15 18>	26,309	49,005	0,536	238,54	25,97
05-04-01	11593 (433)	<4,5 6>	14,740	23,302	0,632	90,71	12,98
05-04-02	10416 (433)	<4,5 6>	15,804	24,105	0,655	93,33	14,10
05-04-03	10582 (433)	<4,5 6>	16,302	25,971	0,627	84,27	13,04
05-04-04	8298 (433)	<4,5 6>	18,271	28,373	0,643	80,27	13,41
05-04-05	15505 (433)	<4,5 6>	14,505	23,181	0,625	99,94	12,12
05-05-01	44874 (287)	<5 6>	10,973	13,221	0,829	332,56	10,44
05-05-02	21837 (289)	<5 6>	12,079	19,427	0,621	128,32	11,16
05-05-03	21438 (289)	<5 6>	12,755	21,371	0,596	131,80	11,76
05-05-04	21943 (285)	<5 6>	12,122	19,829	0,611	119,27	10,39
05-05-05	18998 (289)	<5 6>	13,158	21,715	0,605	118,05	11,72
05-06-01	21311 (285)	<5,5 6,5>	12,340	19,251	0,641	141,21	11,49
05-06-02	15044 (285)	<5,5 6,5>	17,361	28,163	0,616	117,00	13,50
05-06-03	18546 (290)	<5,5 6,5>	12,284	18,999	0,646	122,05	12,11
05-06-04	22534 (290)	<5,5 6,5>	11,879	18,764	0,633	140,51	11,04
05-06-05	19432 (285)	<5,5 6,5>	11,878	19,089	0,622	131,80	11,86
05-07-01	8637 (1154)	<10 14>	32,547	46,252	0,703	103,42	17,44
05-07-02	9668 (1155)	<10 14>	29,402	42,766	0,687	142,08	20,09
05-07-03	7413 (1155)	<10 14>	29,742	38,293	0,776	117,70	19,51
05-07-04	9033 (1155)	<10 14>	29,066	40,753	0,713	156,18	21,15
05-07-05	8854 (1156)	<10 14>	28,972	39,043	0,742	101,68	16,64
05-08-01	14374 (576)	<13 15>	23,915	42,676	0,560	173,42	20,25
05-08-02	14464 (577)	<13 15>	22,980	39,692	0,578	183,69	20,36
05-08-03	13876 (576)	<13 15>	26,428	52,291	0,505	191,70	22,80

05-08-04	13149 (576)	<13 15>	25,021	43,108	0,580	143,82	18,77
05-08-05	14807 (576)	<13 15>	23,666	41,438	0,571	153,92	18,57
05-09-01	24228 (433)	<6 7,5>	13,603	23,850	0,570	154,61	12,13
05-09-02	20962 (433)	<6 7,5>	14,196	24,456	0,580	140,68	12,14
05-09-03	18360 (434)	<6 7,5>	14,599	25,294	0,577	143,99	13,04
05-09-04	16423 (432)	<6 7,5>	15,239	25,213	0,604	162,27	14,88
05-09-05	8656 (428)	<6 7,5>	19,178	32,082	0,597	259,78	29,42
05-10-01	29875 (579)	<6 8>	12,698	20,001	0,634	224,61	15,59
05-10-02	31107 (575)	<6 8>	13,363	21,479	0,622	210,85	14,01
05-10-03	40168 (577)	<6 8>	5,372	8,166	0,657	314,10	9,72
05-10-04	33040 (580)	<6 8>	12,071	19,932	0,605	215,73	11,76
05-10-05	35929 (580)	<6 8>	12,229	19,355	0,631	234,18	11,87
05-11-01	47876 (580)	<4 6>	10,439	15,219	0,685	313,06	16,01
05-11-02	46472 (580)	<4 6>	10,452	15,333	0,681	314,10	20,11
05-11-03	53001 (576)	<4 6>	10,035	14,873	0,674	337,96	15,33
05-11-04	47386 (575)	<4 6>	10,764	15,556	0,691	295,99	15,94
05-11-05	58480 (577)	<4 6>	10,052	15,039	0,668	429,54	16,45
05-12-01	45372 (576)	<4 6>	9,166	13,015	0,704	287,64	12,44
05-12-02	40429 (577)	<4 6>	9,392	13,410	0,700	264,83	12,57
05-12-03	40417 (572)	<4 6>	9,853	15,028	0,655	266,22	14,00
05-12-04	43383 (577)	<4 6>	9,163	13,384	0,684	275,10	13,13
05-12-05	43108 (576)	<4 6>	9,449	13,855	0,681	269,88	14,10
06-01-01	37624 (286)	<3 4>	5,989	8,248	0,726	310,79	10,52
06-01-02	36924 (291)	<3 4>	6,038	8,501	0,710	279,28	9,60
06-01-03	41021 (286)	<3 4>	5,644	7,881	0,716	315,67	9,74
06-01-04	36056 (285)	<3 4>	5,961	8,229	0,724	265,00	9,93
06-01-05	38512 (285)	<3 4>	5,748	7,849	0,732	283,63	8,65
06-02-01	13882 (575)	<7 9>	11,043	15,417	0,716	161,75	13,21
06-02-02	14190 (577)	<7 9>	10,359	14,157	0,731	160,01	12,55
06-02-03	15090 (581)	<7 9>	9,557	13,754	0,694	148,87	11,29
06-02-04	14912 (581)	<7 9>	10,715	15,340	0,698	188,39	14,58
06-02-05	10061 (576)	<7 9>	13,978	17,972	0,777	181,25	17,21
06-03-01	16462 (868)	<18 21>	30,293	43,449	0,697	244,63	25,67
06-03-02	15369 (864)	<18 21>	31,828	45,601	0,697	247,94	26,34
06-03-03	14712 (864)	<18 21>	32,770	46,519	0,704	294,08	30,04
06-03-04	16158 (864)	<18 21>	29,519	42,549	0,693	257,86	26,05
06-03-05	16359 (864)	<18 21>	29,995	42,510	0,705	263,43	26,35
06-04-01	12918 (575)	<13 15>	31,373	40,900	0,767	211,90	22,80
06-04-02	13525 (576)	<13 15>	28,910	37,131	0,778	195,18	21,29
06-04-03	13629 (576)	<13 15>	30,361	38,787	0,782	189,61	20,86
06-04-04	13608 (576)	<13 15>	29,885	38,936	0,767	163,15	19,19
06-04-05	13575 (576)	<13 15>	29,279	37,408	0,782	175,68	20,08
06-05-01	21949 (862)	<15 18>	24,701	30,766	0,802	279,63	21,70
06-05-02	21124 (862)	<15 18>	26,101	32,798	0,795	270,92	22,11
06-05-03	21989 (863)	<15 18>	24,702	30,439	0,811	257,51	20,16
06-05-04	21821 (863)	<15 18>	23,304	28,361	0,821	260,82	19,84
06-05-05	22099 (865)	<15 18>	23,449	28,548	0,821	263,96	20,02
06-06-01	18631 (868)	<15 18>	26,530	32,221	0,823	222,87	20,66
06-06-02	18386 (865)	<15 18>	28,645	34,684	0,825	244,46	22,85
06-06-03	18500 (865)	<15 18>	28,646	34,549	0,829	228,09	21,52
06-06-04	19693 (870)	<15 18>	26,154	30,787	0,849	249,68	21,49
06-06-05	18906 (864)	<15 18>	26,320	31,623	0,832	231,75	20,85
06-07-01	12902 (867)	<20 23>	41,899	54,157	0,773	314,80	35,72
06-07-02	14165 (866)	<20 23>	36,069	45,392	0,794	234,36	27,81
06-07-03	13366 (866)	<20 23>	37,028	47,680	0,776	231,57	28,41
06-07-04	13928 (867)	<20 23>	37,165	47,378	0,784	219,21	27,10

06-07-05	13198 (863)	<20 23>	39,108	49,666	0,787	253,34	30,69
06-08-01	11510 (1156)	<16 20>	27,666	36,254	0,763	167,50	22,07
06-08-02	13382 (1152)	<16 20>	32,206	44,158	0,729	193,79	23,76
06-08-03	12813 (1156)	<16 20>	30,622	40,023	0,765	196,23	24,69
06-08-04	11792 (1153)	<16 20>	33,019	44,522	0,741	186,48	24,54
06-08-05	11180 (1158)	<16 20>	32,928	45,124	0,729	204,24	26,61
06-09-01	12759 (578)	<4 6>	10,871	14,514	0,749	152,87	12,88
06-09-02	16701 (577)	<4 6>	9,396	12,960	0,725	140,34	10,52
06-09-03	17441 (578)	<4 6>	9,177	12,383	0,741	146,43	10,20
06-09-04	15215 (577)	<4 6>	9,912	13,370	0,741	132,33	10,62
06-09-05	17848 (577)	<4 6>	8,908	12,269	0,726	127,80	8,62
06-10-01	41075 (578)	<4 6>	5,380	7,903	0,680	304,53	9,39
06-10-02	44007 (578)	<4 6>	5,233	7,471	0,700	313,41	8,99
06-10-03	39110 (579)	<4 6>	5,753	8,336	0,690	317,06	10,80
06-10-04	43886 (577)	<4 6>	5,050	7,704	0,655	296,86	8,28
06-10-05	45311 (578)	<4 6>	5,294	7,873	0,672	340,04	9,42
06-11-01	75283 (579)	<4 6>	4,385	6,080	0,721	544,98	11,66
06-11-02	74834 (579)	<4 6>	4,155	5,501	0,755	571,09	12,96
06-11-03	75404 (575)	<4 6>	3,889	4,983	0,780	574,75	12,31
06-11-04	68353 (580)	<4 6>	4,017	5,370	0,748	519,38	11,81
06-11-05	70720 (575)	<4 6>	3,886	5,048	0,769	560,47	13,52
06-12-01	27937 (579)	<14 16>	20,534	24,313	0,844	360,94	21,79
06-12-02	29779 (575)	<14 16>	20,196	23,793	0,848	393,50	23,95
06-12-03	29933 (575)	<14 16>	19,547	23,107	0,845	386,88	23,12
06-12-04	28899 (575)	<14 16>	20,581	24,524	0,839	428,15	27,38
06-12-05	29524 (580)	<14 16>	21,631	26,39	0,819	382,70	23,66

# PŘÍLOHA Č. 5

## FOURIEROVY KOEFICIENTY

## **Příloha 5: Fourierovy koeficienty 12 veličin spočtené pro 6 vzorků tkanin.**

V každém řádku tabulek pro jednotlivé vzorky tkanin je prvních jedenáct Fourierových koeficientů (první má význam střední hodnoty) pro 12 veličin, jejichž pořadí je:

01. Zvlnění (to je vzdálenost okraje splývavé látky od středu 150mm stolku) v mm,
02. Youngův modul v [N/m],
03. WT v [Nm/m<sup>2</sup>],
04. WOT v [Nm/ m<sup>2</sup>],
05. LT (bezrozměrná linearita),
06. Síla při přetržení v [N],
07. Prodloužení při přetržení v [mm],
08. Ohybová tuhost v [x10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/m],
09. Ohybová hystereze v [x10<sup>-2</sup> Nm/m],
10. Koeficient tření (bezrozměrná veličina),
11. Odchylka koeficientu tření (bezrozměrná veličina),
12. Odchylka geometrické drsnosti v [ $\mu$  m]

**Vzorek 01**

133,3375	4,6374	17,2078	7,8003	5,0627	4,6292	0,9094	1,7771	1,3446	1,2477	0,7014
49861,0430	5781,5410	12918,2190	11545,4310	41863,5560	3976,2250	6425,1960	654,3770	223,0560	6190,1290	2390,5450
14,0760	0,8820	3,0010	0,8110	11,7560	1,4510	0,5420	0,4630	8,7040	0,5350	0,9130
24,3800	1,1540	5,3620	1,2300	22,4800	2,0500	1,6690	0,2740	17,5370	0,8690	1,2480
0,6070	0,0050	0,0180	0,0000	0,0420	0,0100	0,0180	0,0090	0,0350	0,0040	0,0030
296,5290	14,8590	27,9930	49,2470	152,1700	20,8600	20,8590	15,3400	38,4080	33,6620	2,9420
13,1430	0,4210	2,3580	0,8370	7,7190	1,1400	0,5720	0,5450	5,6520	0,9090	0,4470
0,2600	0,0130	0,2440	0,0390	0,0390	0,0230	0,0020	0,0190	0,0050	0,0340	0,0390
0,2570	0,0210	0,2630	0,0400	0,0650	0,0250	0,0200	0,0220	0,0180	0,0360	0,0220
0,1570	0,0000	0,0200	0,0000	0,0100	0,0010	0,0030	0,0000	0,0020	0,0010	0,0030
0,0170	0,0000	0,0110	0,0010	0,0040	0,0010	0,0010	0,0000	0,0010	0,0000	0,0040
5,2860	0,1860	4,2490	0,3400	1,5070	0,3740	0,1220	0,1680	1,3910	0,3390	1,9960

**Vzorek 02**

134,1135	7,9328	25,2502	6,8544	11,0712	3,2619	2,8225	2,669	2,9779	1,6427	1,3766
52105,3340	8920,2870	27775,9790	4895,7160	44965,6520	1310,7300	7036,3990	2653,7060	2641,0130	4968,1770	11691,7370
16,5790	0,2710	7,0480	0,1670	12,2500	0,7160	1,3730	0,5050	8,3170	1,1480	2,1190
30,2880	1,5710	13,7790	0,5630	23,9660	2,1680	3,9120	1,3560	16,8530	2,4320	3,2870
0,5780	0,0130	0,0520	0,0060	0,0370	0,0060	0,0170	0,0030	0,0200	0,0010	0,0010
298,7140	20,6220	22,8160	11,5310	157,0240	11,1120	25,1960	5,7190	41,6670	24,4080	16,7640
14,4310	0,9670	4,3780	0,3840	8,2830	1,2670	0,9660	0,1520	5,7970	1,1550	1,1640
0,2130	0,0130	0,1690	0,0060	0,0190	0,0080	0,0110	0,0070	0,0030	0,0070	0,0850
0,2250	0,0170	0,1960	0,0140	0,0360	0,0110	0,0210	0,0100	0,0000	0,0150	0,0870
0,1840	0,0150	0,0230	0,0020	0,0120	0,0010	0,0010	0,0050	0,0050	0,0020	0,0050
0,0250	0,0210	0,0260	0,0170	0,0150	0,0070	0,0030	0,0070	0,0080	0,0170	0,0180
4,2370	0,1340	1,5780	0,6120	0,1980	0,2060	0,4380	0,2680	1,6100	0,4580	0,6240

**Vzorek 03**

144,3106	1,8753	3,6131	1,6075	1,8796	1,179	0,9199	0,4891	0,3429	0,3315	0,2226
40424,1530	3945,5800	303,8280	5335,6490	29843,5790	3740,2490	132,8710	3205,1440	3300,9420	5698,9960	457,3570
20,0500	2,1030	2,5520	0,8440	11,7180	1,1270	0,6230	0,8600	6,6950	0,5070	0,7400
27,5480	3,4390	3,4420	1,1660	17,5770	1,9890	0,8140	1,0150	10,3560	0,2330	0,8020
0,7430	0,0170	0,0070	0,0060	0,0390	0,0050	0,0020	0,0090	0,0200	0,0020	0,0050
309,7040	19,5810	7,0190	28,3840	83,0680	12,3620	2,9130	15,4150	96,7180	33,0430	0,0310
15,4370	1,0430	0,8910	0,4980	8,2520	0,7700	0,1730	0,2760	6,1120	0,1270	0,1150
0,1730	0,0090	0,0950	0,0040	0,0380	0,0060	0,0280	0,0010	0,0360	0,0020	0,0220
0,2270	0,0090	0,1140	0,0110	0,0380	0,0150	0,0270	0,0050	0,0380	0,0070	0,0170
0,1490	0,0020	0,0010	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000	0,0020	0,0010	0,0010	0,0000
0,0220	0,0010	0,0020	0,0000	0,0070	0,0010	0,0010	0,0010	0,0060	0,0000	0,0000
4,2820	0,0380	0,2600	0,2910	1,2870	0,0100	0,2080	0,0260	1,3990	0,1310	0,4430

**Vzorek 04**

103,6834	0,953	1,0802	0,6919	2,1413	1,9437	2,3973	6,5648	9,5491	4,4009	3,93
13861,4710	952,0970	6281,6950	977,8430	8597,8990	243,4420	2809,5160	803,7220	393,2320	793,5800	1812,4030
26,7200	0,6710	10,0580	0,0050	8,0900	0,6260	0,7230	2,6290	1,7310	2,1430	3,7940
49,5390	0,8020	19,1990	0,6460	13,8270	4,4640	3,4190	6,0890	2,1620	5,2640	6,0460
0,5390	0,0210	0,0030	0,0090	0,0210	0,0310	0,0190	0,0130	0,0140	0,0120	0,0120
116,4140	4,9070	19,7000	4,1470	53,6190	4,2270	19,1490	11,3310	8,1870	13,1550	4,3860
17,7690	0,1010	4,8980	0,3350	2,5200	0,8950	1,1410	0,6160	0,5670	1,9190	1,3880
0,0190	0,0010	0,0040	0,0010	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0010
0,0120	0,0000	0,0020	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000
0,1680	0,0050	0,0140	0,0070	0,0180	0,0010	0,0060	0,0000	0,0040	0,0060	0,0010
0,0160	0,0040	0,0090	0,0030	0,0080	0,0000	0,0050	0,0000	0,0030	0,0030	0,0000
3,3230	0,4060	1,6760	0,1290	2,1000	0,0210	0,9930	0,0180	0,8890	0,3580	0,2920



**Vzorek 05**

113,1783	1,6627	5,51	1,5696	2,6517	3,438	3,7878	3,6303	9,9877	2,1486	3,7666
23291,7790	808,3180	5021,6060	2099,1710	13244,2160	1740,8210	109,0250	230,7290	2010,0120	1530,7190	2212,2520
16,6090	0,0450	0,9400	1,5570	8,0810	1,4390	1,6020	0,4400	3,7750	1,5590	0,3480
27,4380	0,7430	0,7830	1,6290	15,5940	2,2860	1,4330	0,0440	8,5390	2,0240	0,1610
0,6200	0,0090	0,0180	0,0070	0,0470	0,0010	0,0200	0,0120	0,0260	0,0130	0,0030
197,0430	11,5480	48,9470	15,6450	26,8990	12,8900	15,6860	5,5610	38,3590	23,3140	11,4620
16,6090	2,0480	1,7870	0,1150	5,6060	2,3820	0,8050	0,2310	3,9480	1,1820	0,1910
0,1340	0,0190	0,0240	0,0080	0,0290	0,0640	0,0210	0,0760	0,0410	0,0110	0,0340
0,0890	0,0090	0,0340	0,0130	0,0140	0,0530	0,0170	0,0600	0,0240	0,0010	0,0300
0,1480	0,0040	0,0350	0,0040	0,0060	0,0040	0,0060	0,0040	0,0130	0,0000	0,0190
0,0120	0,0010	0,0020	0,0020	0,0030	0,0000	0,0010	0,0000	0,0020	0,0000	0,0010
2,5550	0,3390	0,3580	0,3370	1,5730	0,2720	0,4240	0,0550	1,1120	0,4140	0,2300

**Vzorek 06**

123,9826	1,8828	3,7191	2,7427	4,1084	5,559	4,4457	4,6378	3,9887	1,8838	1,7116
25403,8620	480,4890	12718,1100	1768,9380	15474,7050	17,2690	4560,7780	431,2710	934,7080	1782,4480	2710,8110
20,2090	0,4290	12,2540	1,5100	9,0380	1,1110	3,4440	0,0950	4,6080	0,3320	3,3320
26,4410	0,1100	14,4320	1,2560	13,4960	1,6540	4,4480	0,0890	7,2440	1,0160	3,6410
0,7550	0,0010	0,0610	0,0180	0,0260	0,0060	0,0020	0,0040	0,0080	0,0160	0,0310
267,0650	7,2270	30,8650	12,8400	86,2680	12,1940	32,6060	0,2750	40,7740	26,9620	8,9030
18,7010	0,2310	7,2110	0,7700	4,6970	1,3490	1,6580	0,2780	4,4460	1,2530	1,7100
0,0570	0,0270	0,0310	0,0100	0,0050	0,0010	0,0010	0,0000	0,0030	0,0100	0,0210
0,0410	0,0230	0,0280	0,0110	0,0070	0,0010	0,0000	0,0020	0,0040	0,0100	0,0200
0,1180	0,0010	0,0040	0,0030	0,0020	0,0010	0,0000	0,0020	0,0030	0,0020	0,0020
0,0120	0,0000	0,0020	0,0000	0,0040	0,0000	0,0010	0,0000	0,0040	0,0000	0,0010
1,5890	0,0640	0,0600	0,0900	0,3420	0,0680	0,1460	0,0980	0,4380	0,0630	0,1420

# PŘÍLOHA Č. 6

## KORELACE FOURIEROVÝCH KOEFICIENTŮ

**Příloha 6: Korelace Fourierových koeficientů 12 veličin spočtené pro 6 vzorků tkanin.**

V tabulkách jsou uvedeny korelace mezi vybraným Fourierovým koeficientem pro 12 úhlově závislých veličin v pořadí:

01. Zvlnění (to je vzdálenost okraje splývavé látky od středu 150mm stolku) v mm,
02. Youngův modul v [N/m],
03. WT v [Nm/m<sup>2</sup>],
04. WOT v [Nm/ m<sup>2</sup>],
05. LT (bezrozměrná linearita),
06. Síla při přetržení v [N],
07. Prodloužení při přetržení v [mm],
08. Ohybová tuhost v [ $\times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/m],
09. Ohybová hystereze v [ $\times 10^{-2}$  Nm/m],
10. Koeficient tření (bezrozměrná veličina),
11. Odchylka koeficientu tření (bezrozměrná veličina),
12. Odchylka geometrické drsnosti v [ $\mu$  m]

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_1$  (střední hodnota)**

1	0,845	0,545	0,684	0,512	0,956	0,62	0,731	0,857	0,003	0,662	0,536
0,845	1	0,741	0,601	0,036	0,862	0,878	0,927	0,95	0,367	0,721	0,738
0,545	0,741	1	0,858	0,085	0,693	0,709	0,861	0,707	0,019	0,147	0,379
0,684	0,601	0,858	1	0,584	0,822	0,415	0,654	0,577	0,417	0,021	0,1
0,512	0,036	0,085	0,584	1	0,533	0,278	0,059	0,047	0,809	0,134	0,353
0,956	0,862	0,693	0,822	0,533	1	0,586	0,748	0,808	0,111	0,517	0,408
0,62	0,878	0,709	0,415	0,278	0,586	1	0,957	0,934	0,547	0,622	0,917
0,731	0,927	0,861	0,654	0,059	0,748	0,957	1	0,957	0,353	0,551	0,78
0,857	0,95	0,707	0,577	0,047	0,808	0,934	0,957	1	0,371	0,719	0,839
0,003	0,367	0,019	0,417	0,809	0,111	0,547	0,353	0,371	1	0,682	0,636
0,662	0,721	0,147	0,021	0,134	0,517	0,622	0,551	0,719	0,682	1	0,695
0,536	0,738	0,379	0,1	0,353	0,408	0,917	0,78	0,839	0,636	0,695	1

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_2$** 

1	0,934	0,225	0,116	0,157	0,681	0,034	0,033	0,5	0,716	0,825	0,312
0,934	1	0,11	0,432	0,056	0,831	0,024	0,201	0,351	0,635	0,744	0,376
0,225	0,11	1	0,843	0,37	0,384	0,168	0,396	0,176	0,35	0,307	0,478
0,116	0,432	0,843	1	0,505	0,746	0,228	0,438	0,241	0,114	0,113	0,444
0,157	0,056	0,37	0,505	1	0,075	0,01	0,905	0,888	0,345	0,238	0,405
0,681	0,831	0,384	0,746	0,075	1	0,402	0,066	0,251	0,453	0,505	0,561
0,034	0,024	0,168	0,228	0,01	0,402	1	0,221	0,169	0,22	0,076	0,114
0,033	0,201	0,396	0,438	0,905	0,066	0,221	1	0,737	0,225	0,181	0,44
0,5	0,351	0,176	0,241	0,888	0,251	0,169	0,737	1	0,103	0,067	0,656
0,716	0,635	0,35	0,114	0,345	0,453	0,22	0,225	0,103	1	0,976	0,056
0,825	0,744	0,307	0,113	0,238	0,505	0,076	0,181	0,067	0,976	1	0,082
0,312	0,376	0,478	0,444	0,405	0,561	0,114	0,44	0,656	0,056	0,082	1

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_3$** 

1	0,857	0,167	0,012	0,418	0,016	0,053	0,819	0,834	0,394	0,86	0,542
0,857	1	0,324	0,41	0,726	0,082	0,449	0,5	0,501	0,264	0,87	0,308
0,167	0,324	1	0,917	0,513	0,175	0,956	0,361	0,399	0,459	0,141	0,179
0,012	0,41	0,917	1	0,313	0,284	0,83	0,254	0,282	0,299	0,405	0,018
0,418	0,726	0,513	0,313	1	0,238	0,679	0,104	0,095	0,063	0,321	0,215
0,016	0,082	0,175	0,284	0,238	1	0,088	0,198	0,205	0,75	0,176	0,049
0,053	0,449	0,956	0,83	0,679	0,088	1	0,312	0,352	0,264	0,163	0,157
0,819	0,5	0,361	0,254	0,104	0,198	0,312	1	0,997	0,123	0,547	0,764
0,834	0,501	0,399	0,282	0,095	0,205	0,352	0,997	1	0,143	0,563	0,734
0,394	0,264	0,459	0,299	0,063	0,75	0,264	0,123	0,143	1	0,308	0,267
0,86	0,87	0,141	0,405	0,321	0,176	0,163	0,547	0,563	0,308	1	0,445
0,542	0,308	0,179	0,018	0,215	0,049	0,157	0,764	0,734	0,267	0,445	1

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_4$** 

1	0,793	0,197	0,201	0,497	0,571	0,5	0,722	0,8	0,603	0,481	0,641
0,793	1	0,086	0,083	0,745	0,933	0,579	0,865	0,922	0,763	0,001	0,409
0,197	0,086	1	0,927	0,35	0,194	0,123	0,179	0,199	0,167	0,558	0,301
0,201	0,083	0,927	1	0,034	0,387	0,033	0,309	0,327	0,189	0,671	0,26
0,497	0,745	0,35	0,034	1	0,648	0,077	0,518	0,605	0,417	0,157	0,583
0,571	0,933	0,194	0,387	0,648	1	0,594	0,868	0,903	0,749	0,332	0,166
0,5	0,579	0,123	0,033	0,077	0,594	1	0,661	0,578	0,497	0,288	0,257
0,722	0,865	0,179	0,309	0,518	0,868	0,661	1	0,964	0,49	0,235	0,111
0,8	0,922	0,199	0,327	0,605	0,903	0,578	0,964	1	0,657	0,09	0,33
0,603	0,763	0,167	0,189	0,417	0,749	0,497	0,49	0,657	1	0,09	0,487
0,481	0,001	0,558	0,671	0,157	0,332	0,288	0,235	0,09	0,09	1	0,805
0,641	0,409	0,301	0,26	0,583	0,166	0,257	0,111	0,33	0,487	0,805	1

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_5$** 

1	0,719	0,583	0,767	0,132	0,774	0,487	0,053	0,346	0,243	0,755	0,708
0,719	1	0,956	0,965	0,459	0,917	0,882	0,559	0,879	0,002	0,507	0,436
0,583	0,956	1	0,863	0,368	0,857	0,901	0,572	0,844	0,127	0,506	0,43
0,767	0,965	0,863	1	0,511	0,864	0,81	0,532	0,837	0,185	0,552	0,329
0,132	0,459	0,368	0,511	1	0,13	0,704	0,869	0,601	0,376	0,201	0,005
0,774	0,917	0,857	0,864	0,13	1	0,654	0,243	0,751	0,145	0,532	0,518
0,487	0,882	0,901	0,81	0,704	0,654	1	0,782	0,828	0,387	0,289	0,426
0,053	0,559	0,572	0,532	0,869	0,243	0,782	1	0,798	0,384	0,214	0,157
0,346	0,879	0,844	0,837	0,601	0,751	0,828	0,798	1	0,081	0,099	0,078
0,243	0,002	0,127	0,185	0,376	0,145	0,387	0,384	0,081	1	0,462	0,4
0,755	0,507	0,506	0,552	0,201	0,532	0,289	0,214	0,099	0,462	1	0,415
0,708	0,436	0,43	0,329	0,005	0,518	0,426	0,157	0,078	0,4	0,415	1

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_6$** 

1	0,228	0,403	0,495	0,322	0,513	0,369	0,118	0,041	0,177	0,106	0,495
0,228	1	0,578	0,387	0,363	0,715	0,182	0,232	0,42	0,056	0,035	0,417
0,403	0,578	1	0,601	0,631	0,811	0,501	0,678	0,738	0,518	0,482	0,602
0,495	0,387	0,601	1	0,922	0,72	0,245	0,184	0,279	0,022	0,143	0,337
0,322	0,363	0,631	0,922	1	0,601	0,507	0,47	0,55	0,268	0,179	0,374
0,513	0,715	0,811	0,72	0,601	1	0,167	0,346	0,455	0,129	0,065	0,753
0,369	0,182	0,501	0,245	0,507	0,167	1	0,883	0,792	0,926	0,087	0,508
0,118	0,232	0,678	0,184	0,47	0,346	0,883	1	0,978	0,949	0,186	0,633
0,041	0,42	0,738	0,279	0,55	0,455	0,792	0,978	1	0,864	0,147	0,652
0,177	0,056	0,518	0,022	0,268	0,129	0,926	0,949	0,864	1	0,249	0,536
0,106	0,035	0,482	0,143	0,179	0,065	0,087	0,186	0,147	0,249	1	0,159
0,495	0,417	0,602	0,337	0,374	0,753	0,508	0,633	0,652	0,536	0,159	1

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_7$** 

1	0,019	0,865	0,618	0,048	0,643	0,821	0,213	0,602	0,09	0,032	0,1
0,019	1	0,119	0,588	0,187	0,713	0,352	0,687	0,099	0,373	0,141	0,161
0,865	0,119	1	0,625	0,459	0,692	0,796	0,255	0,542	0,339	0,261	0,297
0,618	0,588	0,625	1	0,063	0,861	0,897	0,693	0,705	0,218	0,46	0,262
0,048	0,187	0,459	0,063	1	0,076	0,052	0,248	0,001	0,769	0,482	0,541
0,643	0,713	0,692	0,861	0,076	1	0,881	0,792	0,63	0,156	0,161	0,038
0,821	0,352	0,796	0,897	0,052	0,881	1	0,694	0,872	0,003	0,331	0,218
0,213	0,687	0,255	0,693	0,248	0,792	0,694	1	0,726	0,108	0,483	0,235
0,602	0,099	0,542	0,705	0,001	0,63	0,872	0,726	1	0,279	0,538	0,459
0,09	0,373	0,339	0,218	0,769	0,156	0,003	0,108	0,279	1	0,497	0,683
0,032	0,141	0,261	0,46	0,482	0,161	0,331	0,483	0,538	0,497	1	0,939
0,1	0,161	0,297	0,262	0,541	0,038	0,218	0,235	0,459	0,683	0,939	1

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_8$** 

1	0,613	0,553	0,638	0,212	0,47	0,384	0,037	0,132	0,297	0,188	0,275
0,613	1	0,003	0,012	0,322	0,358	0,405	0,451	0,411	0,327	0,576	0,216
0,553	0,003	1	0,976	0,615	0,391	0,669	0,293	0,345	0,503	0,144	0,475
0,638	0,012	0,976	1	0,445	0,249	0,612	0,391	0,447	0,464	0,002	0,337
0,212	0,322	0,615	0,445	1	0,54	0,608	0,397	0,369	0,384	0,637	0,729
0,47	0,358	0,391	0,249	0,54	1	0,543	0,167	0,104	0,45	0,186	0,208
0,384	0,405	0,669	0,612	0,608	0,543	1	0,247	0,247	0,911	0,5	0,344
0,037	0,451	0,293	0,391	0,397	0,167	0,247	1	0,993	0,487	0,209	0,107
0,132	0,411	0,345	0,447	0,369	0,104	0,247	0,993	1	0,488	0,175	0,037
0,297	0,327	0,503	0,464	0,384	0,45	0,911	0,487	0,488	1	0,585	0,383
0,188	0,576	0,144	0,002	0,637	0,186	0,5	0,209	0,175	0,585	1	0,807
0,275	0,216	0,475	0,337	0,729	0,208	0,344	0,107	0,037	0,383	0,807	1

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_9$** 

	0,3	0,842	0,677	0,209	0,687	0,822	0,1	0,312	0,727	0,421	0,415
0,3	1	0,29	0,218	0,032	0,761	0,542	0,629	0,502	0,154	0,714	0,501
0,842	0,29	1	0,966	0,555	0,472	0,889	0,078	0,209	0,382	0,393	0,696
0,677	0,218	0,966	1	0,665	0,305	0,823	0,073	0,132	0,182	0,304	0,728
0,209	0,032	0,555	0,665	1	0,109	0,396	0,266	0,442	0,147	0,336	0,701
0,687	0,761	0,472	0,305	0,109	1	0,739	0,602	0,791	0,26	0,402	0,368
0,822	0,542	0,889	0,823	0,396	0,739	1	0,266	0,464	0,209	0,427	1
0,1	0,629	0,078	0,073	0,266	0,602	0,266	1	0,853	0,538	0,091	0,212
0,312	0,502	0,209	0,132	0,442	0,791	0,464	0,853	1	0,078	0,161	0,327
0,727	0,154	0,382	0,182	0,147	0,26	0,209	0,538	0,078	1	0,232	0,046
0,421	0,714	0,393	0,304	0,336	0,402	0,427	0,091	0,161	0,232	1	0,392
0,415	0,501	0,696	0,728	0,701	0,368	0,536	0,212	0,327	0,046	0,392	1

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_{10}$** 

1	0,79	0,833	0,946	0,553	0,944	0,938	0,305	0,457	0,883	0,024	0,348
0,79	1	0,609	0,629	0,883	0,804	0,753	0,46	0,729	0,578	0,222	0,005
0,833	0,609	1	0,915	0,218	0,896	0,705	0,414	0,566	0,658	0,204	0,665
0,946	0,629	0,915	1	0,278	0,955	0,857	0,401	0,459	0,881	0,267	0,52
0,553	0,883	0,218	0,278	1	0,469	0,592	0,137	0,45	0,329	0,494	0,281
0,944	0,804	0,896	0,955	0,469	1	0,869	0,544	0,651	0,832	0,219	0,404
0,938	0,753	0,705	0,857	0,592	0,869	1	0,119	0,273	0,758	0,155	0,401
0,305	0,46	0,414	0,401	0,137	0,544	0,119	1	0,894	0,448	0,216	0,154
0,457	0,729	0,566	0,459	0,45	0,651	0,273	0,894	1	0,409	0,054	0,075
0,883	0,578	0,658	0,881	0,329	0,832	0,758	0,448	0,409	1	0,082	0,1
0,024	0,222	0,204	0,267	0,494	0,219	0,155	0,216	0,054	0,082	1	0,548
0,348	0,005	0,665	0,52	0,281	0,404	0,401	0,154	0,075	0,1	0,548	1

**Korelace Fourierova koeficientu  $c_{11}$** 

1	0,112	0,329	0,38	0,104	0,291	0,239	0,347	0,242	0,519	0,259	0,491
0,112	1	0,14	0,203	0,266	0,82	0,331	0,894	0,945	0,052	0,983	0,034
0,329	0,14	1	0,964	0,68	0,116	0,946	0,295	0,163	0,532	0,018	0,37
0,38	0,203	0,964	1	0,467	0,103	0,865	0,243	0,119	0,524	0,097	0,289
0,104	0,266	0,68	0,467	1	0,055	0,719	0,487	0,395	0,354	0,376	0,426
0,291	0,82	0,116	0,103	0,055	1	0,345	0,713	0,805	0,488	0,726	0,285
0,239	0,331	0,946	0,865	0,719	0,345	1	0,063	0,062	0,428	0,204	0,322
0,347	0,894	0,295	0,243	0,487	0,713	0,063	1	0,976	0,221	0,938	0,265
0,242	0,945	0,163	0,119	0,395	0,805	0,062	0,976	1	0,216	0,958	0,063
0,519	0,052	0,532	0,524	0,354	0,488	0,428	0,221	0,216	1	0,002	0,164
0,259	0,983	0,018	0,097	0,376	0,726	0,204	0,938	0,958	0,002	1	0,166
0,491	0,034	0,37	0,289	0,426	0,285	0,322	0,265	0,063	0,164	0,166	1

**Středovaná korelační tabulka Fourierových koeficientů  $c_1$  až  $c_{12}$** 

1,000	0,190	0,145	0,127	0,063	0,213	0,207	0,142	0,148	0,259	0,242	0,042
0,190	1,000	0,099	0,118	0,104	0,709	0,085	0,339	0,517	0,003	0,495	0,149
0,145	0,099	1,000	0,750	0,227	0,196	0,639	0,139	0,082	0,155	0,058	0,086
0,127	0,118	0,750	1,000	0,318	0,067	0,557	0,226	0,165	0,023	0,124	0,052
0,063	0,104	0,227	0,318	1,000	0,007	0,318	0,108	0,121	0,022	0,134	0,120
0,213	0,709	0,196	0,067	0,007	1,000	0,269	0,258	0,407	0,054	0,169	0,033
0,207	0,085	0,639	0,557	0,318	0,269	1,000	0,038	0,011	0,122	0,014	0,059
0,142	0,339	0,139	0,226	0,108	0,258	0,038	1,000	0,898	0,092	0,020	0,209
0,148	0,517	0,082	0,165	0,121	0,407	0,011	0,898	1,000	0,057	0,123	0,163
0,259	0,003	0,155	0,023	0,022	0,054	0,122	0,092	0,057	1,000	0,275	0,215
0,242	0,495	0,058	0,124	0,134	0,169	0,014	0,020	0,123	0,275	1,000	0,405
0,042	0,149	0,086	0,052	0,120	0,033	0,059	0,209	0,163	0,215	0,405	1,000

**Středovaná korelační tabulka Fourierových koeficientů  $c_1$  až  $c_5$** 

1,000	0,830	0,110	0,003	0,081	0,599	0,070	0,450	0,667	0,149	0,717	0,140
0,830	1,000	0,113	0,258	0,107	0,725	0,211	0,530	0,721	0,101	0,568	0,128
0,110	0,113	1,000	0,882	0,303	0,114	0,504	0,174	0,048	0,224	0,073	0,353
0,003	0,258	0,882	1,000	0,156	0,178	0,463	0,101	0,013	0,046	0,076	0,223
0,081	0,107	0,303	0,156	1,000	0,066	0,349	0,102	0,150	0,097	0,013	0,150
0,599	0,725	0,114	0,178	0,066	1,000	0,230	0,319	0,502	0,098	0,209	0,111
0,070	0,211	0,504	0,463	0,349	0,230	1,000	0,079	0,010	0,295	0,076	0,328
0,450	0,530	0,174	0,101	0,102	0,319	0,079	1,000	0,891	0,125	0,094	0,274
0,667	0,721	0,048	0,013	0,150	0,502	0,010	0,891	1,000	0,065	0,272	0,234
0,149	0,101	0,224	0,046	0,097	0,098	0,295	0,125	0,065	1,000	0,468	0,174
0,717	0,568	0,073	0,076	0,013	0,209	0,076	0,094	0,272	0,468	1,000	0,290
0,140	0,128	0,353	0,223	0,150	0,111	0,328	0,274	0,234	0,174	0,290	1,000

**Středovaná korelační tabulka Fourierových koeficientů  $c_2$  až  $c_5$** 

1,000	0,826	0,002	0,167	0,026	0,510	0,242	0,380	0,620	0,187	0,730	0,041
0,826	1,000	0,326	0,472	0,124	0,691	0,483	0,430	0,663	0,034	0,530	0,024
0,002	0,326	1,000	0,888	0,400	0,315	0,453	0,002	0,117	0,276	0,055	0,347
0,167	0,472	0,888	1,000	0,341	0,428	0,475	0,037	0,160	0,047	0,100	0,254
0,026	0,124	0,400	0,341	1,000	0,051	0,367	0,112	0,199	0,081	0,050	0,099
0,510	0,691	0,315	0,428	0,051	1,000	0,434	0,212	0,425	0,150	0,132	0,241
0,242	0,483	0,453	0,475	0,367	0,434	1,000	0,338	0,221	0,232	0,060	0,181
0,380	0,430	0,002	0,037	0,112	0,212	0,338	1,000	0,874	0,244	0,021	0,148
0,620	0,663	0,117	0,160	0,199	0,425	0,221	0,874	1,000	0,175	0,160	0,082
0,187	0,034	0,276	0,047	0,081	0,150	0,232	0,244	0,175	1,000	0,414	0,059
0,730	0,530	0,055	0,100	0,050	0,132	0,060	0,021	0,160	0,414	1,000	0,188
0,041	0,024	0,347	0,254	0,099	0,241	0,181	0,148	0,082	0,059	0,188	1,000

# PŘÍLOHA Č. 7

## OPTIMALIZACE NASTAVENÍ PARAMETRŮ



